

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN  
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA  
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POST-GRADO

“OPTIMIZACIÓN DE INVENTARIO DE PRODUCTO TERMINADO  
CONSIDERANDO CERO FALTANTES”

POR

OLIVERIO ANAYA CHAVARRIA

TESIS

EN OPCIÓN AL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS DE LA  
ADMINISTRACIÓN CON ESPECIALIDAD EN PRODUCCIÓN Y CALIDAD

Cd Universitaria, San Nicolás de los Garza, N.L. México a Junio 2007

## INDICE TEMÁTICO

<b>Prólogo</b>	1
<b>Síntesis</b>	3
<b>Marco Teórico</b>	4
<b>Alcance</b>	6
 <b>CAPITULO I</b>	
1.1 Introducción	7
1.2 Caso a investigar	7
1.3 Breve explicación de un acero eléctrico	8
1.4 Objetivo de la Tesis	9
1.5 Hipótesis	9
1.6 Justificación	10
 <b>CAPITULO II. Entendiendo los Objetivos</b>	
2.1 La naturaleza de los objetivos	11
2.2 Estrategia operativa	12
2.3 Toma de decisiones	12
2.4 Políticas para aseguramiento de abasto	13
 <b>CAPITULO III. Factures de Ruido</b>	
3.1 Variaciones en la Demanda	15
3.2 Variaciones de entrega de la planta	16
 <b>CAPITULO IV. El costo del inventario y fundamentos de pronósticos</b>	
4.1 Costos de un inventario	17
4.2 Pronósticos	19
4.2.1 Marco Conceptual de los pronósticos	21
4.2.2 Tipos de Pronósticos	25
4.2.2.1 Métodos cualitativos de pronósticos	25
4.2.2.2 Pronósticos por series de tiempo	28
4.2.2.3 Promedio móvil	29
4.2.2.4 Método usado el caso	30
 <b>CAPITULO V. La demanda</b>	
5.1 Administración de la demanda	31
5.2 Componentes de la demanda	32

**CAPITULO VI.** Supply Chain

6.1 Estrategia de la cadena de suministro	34
6.2 Medición del desempeño de la cadena de suministro	34
6.3 Tipos de SCH	36
6.4 Conceptos acerca del planeación de la capacidad	37
6.5 Economías a escala	38

**CAPITULO VII** Inventario

7.1 Inventario con demanda independiente	41
7.2 Propósito de los inventarios	42
7.3 Consumos de Cliente del Caso	44
7.4 Entregas de Planta	49
7.5 Resultado de Entregas y Consumos, inventario	51
7.6 Ejercicio Final de Simulación	54

**CAPITULO XIII**

8.1 Conclusiones	57
------------------	----

<b>Referencias Bibliográficas</b>	<b>58</b>
-----------------------------------	-----------

<b>Glosario de términos</b>	<b>59</b>
-----------------------------	-----------

---

---

## ANTEPROYECTO TESIS:

### “Optimización de Inventario de Producto Terminado Considerando Cero Faltantes”

## OBJETIVO

Determinar niveles adecuados de inventario óptimo que garanticen el cumplimiento a las necesidades del cliente Emerson, tomando en consideración la variabilidad que existe en la demanda y en las entregas de la planta (HYLSA, División Aceros Planos).

## HIPÓTESIS

Comparando el costo de faltante de material contra el costo financiero adicional, resultado de optimizar el inventario de servicio, el resultado neto es que es más factible económicamente el ajuste de niveles de inventario contra el costo potencial por faltas de materiales.

## JUSTIFICACIÓN

Emerson es de las compañías más importantes mundialmente en la fabricación de motores eléctricos de inducción. Fabrica motores herméticos para aires acondicionados y motores para aplicaciones del hogar en general. La planta localizada en Apodaca, N.L. fabrica diariamente alrededor de 15,000 motores que en su mayoría son exportados hacia los Estados Unidos.

Tiene dos plantas para fabricación de laminaciones para motor, una de ellas en Apodaca, N.L. llamada ELAM (Emerson Laminaciones de Motor) y una más en Reynosa, Tamps. llamada REYLAM (Reynosa Laminaciones de Motor).

HYLSA, División Aceros Planos tiene actualmente el 100% del surtimiento del acero por contrato para ambas plantas, embarcando alrededor de 13,000 toneladas de acero eléctrico mensualmente.

Durante el inicio de operaciones HYLSA-EMERSON por el año de 1996, se empezó a trabajar con una demanda creciente debido a que ambas plantas estaban en su fase de arranque, haciendo difícil el pronóstico del consumo puesto que cada 2 meses aproximadamente, el cliente instalaba mayor capacidad en sus líneas de producción.

Hoy en día, tanto Elam como Reylam están trabajando al 100% de sus capacidades instaladas y ha llegado el momento en el cual debemos trabajar

---

---

para la optimización del inventario de producto terminado considerando que el costo por faltante no es un mito, si no una amarga realidad que ya se ha tenido que afrontar.

## LÍMITES DE ESTUDIO

El alcance el proyecto es estudiar y proponer la optimización del inventario para ELAM y REYLAM.

## METODOLOGÍA

Para la metodología, se empleará la estadística histórica de las demandas y las entregas de planta al almacén. También se contará con el Solver del Excel para generar las posibilidades teniendo siempre como premisa el minimizar el costo de llevar los inventarios sin enfrentarnos a situaciones de faltantes de material por su costo mucho más elevado.

## CONTENIDO

Dedicatoria  
Índice  
Síntesis  
Introducción  
Marco teórico  
Situación actual de la empresa  
Rediseño y propuesta  
Plan de Implantación y validación  
Discusión y resultados  
Conclusión  
Apéndice  
Bibliografía

Alumno aspirante al grado de:  
Maestro en Ciencias con Especialidad en Producción y Calidad

Oliverio Anaya Chavarría  
Matrícula 744169  
Tel Oficina.- 88 65 22 48  
Cel.- 04481 11 30 61 60  
[oanaya@hysamex.com.mx](mailto: oanaya@hysamex.com.mx)

Ciudad Universitaria, San Nicolás de los Garza, N.L. a 22 de Septiembre de 2004

## Prólogo

La administración de los objetivos ha sido un elemento clave en el mejoramiento de la productividad en los negocios alrededor del mundo. Para crear una ventaja competitiva mediante la administración, se requiere un entendimiento de como contribuyen las funciones operativas en las empresas al crecimiento de la productividad y a la generación de valor.

Hoy por hoy se han realizado muchos estudios relacionados con el manejo de los negocios y se han escrito muchas líneas acerca de la Administración de las Operaciones en las empresas para hacerlas aprovechar al máximo los recursos y asegurar su permanencia y/o crecimiento, mediante el logro de sus dos objetivos principales concretar las ventas y con ellas generar utilidades.

En un medio tan cambiante, globalizado y competitivo, la buena administración de las empresas se vuelve una actividad vital para su subsistencia. Es un reto llevar a cabo en toda organización que todos los actores enfoquen sus esfuerzos en objetivos tan globales como es el incremento de valor para los accionistas, el dueño o la sociedad en general. Se vuelve necesario descomponer este macro objetivo en pequeñas actividades o subactividades más concretas que se distribuyan vertical y horizontalmente en las pirámides organizacionales y nos lleven al conjuntarlos al objetivo principal.

Uno de estos subcomponentes para el cumplimiento de este objetivo es el buen control de los inventarios, sin él, las empresas están condenadas a pagar excesivos costos de mantenimiento de inventarios o, cuando uno de los objetivos es la reducción del mismo, a no poder satisfacer las necesidades de los clientes en un mercado con demandas cambiantes.

Debemos considerar que los inventarios es necesariamente un costo que el cliente está dispuesto a pagar siempre y cuando éste le garantice entregas y cero faltantes.

Entre las actividades que tenemos que realzar para el cumplimiento del principal objetivo podemos mencionar (sin orden de importancia): Compras,

Tecnología, Recurso Humano, Ventas, Inventarios, Mercado, Medio Ambiente, Seguridad Social, entre otros.

En este estudio, nos enfocaremos al análisis administrativo referente a los inventarios, analizaremos la situación de una empresa a la que denominaremos con la letra “H” por cuestiones de respeto a la institución, con respecto al cumplimiento de contratos de entregas con los clientes, las sanciones o multas por faltantes y se hará una comparación del beneficio resultante de bajar inventarios a niveles quizás riesgosos contra las potenciales multas a las que la empresa se hace acreedora por incumplimiento.

## Síntesis

El contenido principal de este trabajo es acerca de una comparación que hacemos de los ahorros que tenemos en Capital Neto de Trabajo al aplicar políticas de inventarios de producto terminado controlado bajo, versus el riesgo potencial al que nos enfrentamos de parar una planta de nuestros clientes. Todo esto basado en el estadístico del historial de consumo que, cabe señalar es altamente variable.

Hay que añadir que el parar una planta de un cliente implica un Costo de Faltante difícilmente estimable debido a que la Mano de Obra ociosa es variable, sin embargo, consideraremos que la multa establecida para referencia asciende a: \$ 200 USD/tonelada métrica x la media ( $\mu$ ) de la demanda diaria x 5 días.

Lo que hacemos es analizar el inventario diario, analizar su variabilidad y evaluar la posibilidad de que, con el análisis de la demanda y su variabilidad podamos caer en un incumplimiento al requerimiento.

Básicamente lo que arroja la conclusión primaria es que debemos elevar el nivel promedio de inventarios si queremos elevar la expectativa de tener 0 faltantes en un cierto período de tiempo.



## Marco Teórico

El caso que se estudia en este documento es la relación del proveedor “H” con su cliente “E”<sup>1</sup>. El cliente tiene 2 plantas en México de fabricación de motores; E1 localizada en Apodaca, Nuevo León y R1 ubicada en Reynosa, Tamaulipas.

En conjunto, ambas plantas consumen mensualmente alrededor de 14,000 toneladas de acero para laminación de motor para fabricación de las laminaciones de motor.

Si consideramos que la capacidad nominal máxima de producción de la nueva planta “H” es de 1.5 millones de toneladas al año, hablamos de que el cliente consume alrededor de un 10% de la capacidad nominal.

El compromiso contractual del proveedor “H” es mantener 2 semanas de inventario en el piso para poder absorber las variaciones en la demanda ya que el Lead Time (LT) es de alrededor de 5 semanas.

Las 2 premisas principales para este análisis son: Demanda altamente estocástica con influencia estacional en algunos ítems y alta variación de entregas de planta al almacén.

La intención principal de este ejercicio es una comparación del costo financiero de elevar el inventario contra los costos por faltante.

Compararemos tanto el comportamiento de la demanda como el comportamiento de las entregas de planta y veremos los puntos débiles de la Política de Inventarios que presuponen un riesgo de incumplir con entregas y de hacernos acreedores de multas por faltantes.

En un caso de faltantes, el compromiso que “H” tiene es asumir el costo de la materia prima su cliente “E” conseguir en cualquier parte del mundo así como los costos de traslado y una garantía equivalente a 5 días de consumo de materia prima.

Analizaremos las variaciones de la demanda en un período de un año y analizaremos las entregas de la planta al inventario de “H”. Veremos los períodos en los que corremos riesgos de surtimiento y comprometemos la

operabilidad de “E” por tener una política de control de inventarios que no necesariamente aseguren el abasto del producto.

Nos limitaremos en este trabajo a hacer la evaluación entre ambas variables de inventario bajo contra costo de faltante, y emitir una conclusión que ayude a tomar una decisión corporativa acerca de la política actual de inventarios.

De aquí que el nombre del reporte de investigación: “Optimización del Inventario de Producto terminado considerando cero faltantes”.

Analizaremos el año 2004, donde en Junio la empresa “H” fue acreedora a una multa de USD \$110,000 por ocasionar un alcance por los niveles de inventarios de este tiempo.

Rediseñamos el inventario óptimo para estar en niveles donde aseguremos un % de cumplimiento mayor y evitemos multas. Compararemos el costo de este incremento de inventario financieramente contra las multas potenciales.

---

<sup>1</sup> Preferimos omitir el nombre de las compañías de las cuales se realiza el estudio por cuestiones de respeto, sin embargo, el caso mostrado en este documento se basa exactamente en una situación verídica.

## Alcance

El acero eléctrico es un tipo de material que por sus características y procesos subsecuentes, no importa si el material está algo maltratado, oxidado, lleno de tierra, etc... más bien es un tipo de producto que lo fundamental se encuentra en la composición química y metalúrgica para extraer las propiedades magnéticas requeridas del material.

Es por ello, que en este trabajo, no pretendemos analizar todos los costos inherentes a los inventarios, tales como: costos de obsolescencias, los costos de deterioros son prácticamente nulos, costos de ordenar, permanece iguales si alimentamos una orden de 50 toneladas que una orden de 500 toneladas. El único costo que analizaremos es el costo financiero que básicamente representa el costo de oportunidad, de tener el dinero invertido en el banco en lugar de tenerlo parado en algún almacén.

Sin embargo, el costo más fuerte del inventario sin lugar a dudas es: el costo de no tenerlo. En nuestro caso, no solo no concretamos la venta al no tener inventarios, sino que además, nos hacemos acreedores a multas por faltantes, por paros de líneas, maquinaria y mano de obra parada, etc. Lo que analizaremos en este trabajo es la bondad financiera que nos da tener inventario bajo, simularemos cuántas veces caemos en “stock outs” en un año para posteriormente simular un incremento en el inventario evaluar su costo y evaluar la nueva frecuencia con la que caemos en “stock-outs”

## CAPITULO I

### 1.1 Introducción

Es práctica común de los ejecutivos responsables del buen funcionamiento de las empresas, enfocar esfuerzos en maximizar sus ventas con el menor de los costos.

Sin entrar en detalle de que cambios en las mezclas de productos pueden llevar a mejores márgenes de utilidad, vamos a analizar las estrategias más comunes para la reducción de costos.

Nos enfocaremos a analizar la parte del control de inventarios que es uno de los medios más a la mano y relativamente más sencillos para bajar capital de trabajo.

Metodologías como Justo a Tiempo son usualmente utilizadas en la industria automotriz. La base de esta metodología radica en tener en inventario únicamente lo que se va a necesitar, no más, no menos.

El caso de los grandes consorcios manufactureros, tales como los maquiladores, y en general en la industria no automotriz, es difícil llegar a adoptar el Justo a tiempo como un medio de trabajo puesto que generalmente las demandas son fluctuantes y no proveen un grado de certidumbre 100% confiable.

### 1.2 Caso a investigar

Analizaremos la situación actual de la política de control de inventarios que tiene la empresa “H” para con su cliente “E”.

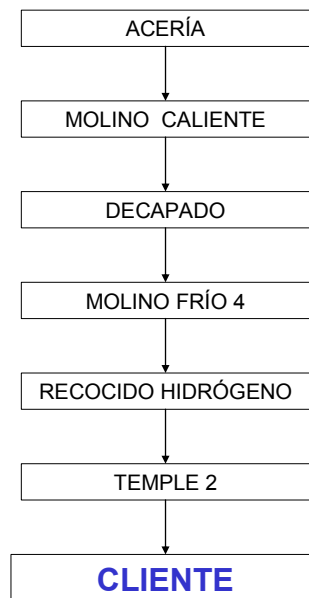
Como antecedente, “E” es una compañía fabricante de motores de aplicación doméstica con aplicaciones en lavadoras, secadoras, trituradores de comida, aires evaporativos, el motor que mueve el aire de los aires acondicionados, entre otras; así como también fabrica motores herméticos conocidos como compresores para los aires acondicionados residenciales.

El convenio con el cliente es mantener 2 semanas de inventario de servicio en “H” y el compromiso del cliente es mantener 3 días de inventario en sus bodegas.

Actualmente nos encontramos trabajando en un esquema de consignación que no detallaremos para no ahondar pero que tampoco influye en la política de inventarios contractualmente establecida.

El tipo de producto es un acero eléctrico de bajas pérdidas magnéticas, fácil magnetización, grano no-orientado y semi-procesado. **Ver anexo 1. Diagrama de Flujo de Proceso de Materiales para cliente “E”.**

#### DIAGRAMA DE FLUJO DE MATERIALES ENTRE PROVEEDOR Y CLIENTE “H” - “E”



Anexo 1

### 1.3 Breve explicación de un acero eléctrico

Bajas pérdidas magnéticas significa que es poca la energía que el acero absorbe al estar sometido a una cierta intensidad de campo variable con respecto al ciclo de corriente alterna.

Fácil magnetización significa que las corrientes necesarias en el embobinado para excitar el núcleo son relativamente bajas al inicio del ciclo de magnetización.

Grano no-orientado, el acero es útil para aplicaciones geométricamente redondas, tales como estatores y rotores de motor. No así para transformadores donde la figura geométrica es cuadrada y se requiere aún menor resistencia al campo magnético.

Semi-procesado quiere decir que para lograr el efecto deseado de bajar pérdidas magnéticas, el cliente tiene que aplicar todavía después de formada la pieza un tratamiento térmico para decarburar y hacer crecer el tamaño de grano.

#### 1.4 Objetivo de la Tesis

El objetivo principal es analizar la forma en la que el inventario de servicio lo hemos históricamente reducido, analizar los problemas de abasto que esto ha desencadenado y puede llegar a desencadenar nuevamente, comparar los costos de faltante a los que hemos sido acreedores y podemos llegar a ser en el futuro contra la eventual ganancia obtenida de la política actual de bajos inventarios.

En otras palabras, comparar que es económicamente más factible, bajar inventarios y pagar costos de faltante, o subir inventarios y pagar el costo financiero o costo de oportunidad de tener más inventario.

#### 1.5 Hipótesis

Durante el año 2004, se tuvieron problemas de calidad con la planta de E1 que desencadenó un hueco en el inventario de producto terminado. Dicho hueco o faltante fue de alrededor de 500 toneladas que se tuvieron que importar de los Estados Unidos y que el proveedor "H" tuvo que asumir el costo del material así como del transporte.

El costo de faltante por contrato es: \$200 usd/tm x  $\mu$  demanda diaria x 5 días.

La hipótesis establecida para desarrollar es que elevar el inventario a rangos más confiables es más barato financieramente que pagar el costo de faltante.

El inventario de diseño por contrato es el equivalente a 2 semanas de las entregas, aproximadamente unas 7,000 toneladas métricas.

## 1.6 Justificación

La imagen que da una empresa ante una situación de faltantes es de desconcierto ante sus clientes que a su vez quedarán mal con sus respectivos clientes.

Afortunadamente al cliente de E1 que no le llegó a afectar el faltante de materia prima. De haberse llegado a afectar el cliente de nuestro cliente, quien es un maquilador que utiliza mano de obra intensiva, que da empleo a unas 2,000 personas nos hubiera transferido su costo de Mano de Obra por el tiempo que durara el faltante.

En general, los casos de faltantes son pésimos para la confianza, genera fricciones y va en detrimento de las relaciones cliente-proveedor.

En general, es de vital importancia generar políticas de inventarios que satisfagan las necesidades de los clientes, asumir que de haber tenido el inventario necesario no se hubieran generado los sobre costos y que el costo de mantener el inventario es marginal comparado con los cargos tangibles e intangibles de un faltante.

## CAPITULO II

### Entendiendo los Objetivos

#### 2.1 La naturaleza de los objetivos

Los objetivos establecen los resultados finales, pero los objetivos globales necesitan ser apoyados por sub-objetivos. Por lo tanto, los objetivos forman tanto una jerarquía como una red. Además, las organizaciones y administradores tienen objetivos múltiples que en ocasiones son incompatibles y que provocan conflictos dentro de las organizaciones, dentro del grupo, e incluso individuales.

Los objetivos forman una jerarquía que va desde el objetivo global, hasta los objetivos individuales específicos. La cúspide de la jerarquía es el propósito socioeconómico de la sociedad, como es exigir a la organización que contribuya al bienestar de las personas proporcionando bienes y servicios a un costo razonable.

Normalmente tanto los objetivos como los programas de planeación forman una red de resultados y acontecimientos deseados. Si las metas no están interconectadas y si no se apoyan entre sí, con mucha frecuencia, las personas siguen rutas que aparentemente son buenas para su propio departamento pero pueden ser perjudiciales para la compañía como un todo.

Todas las empresas tienen dos objetivos principales: Vender y obtener una utilidad por la venta. Dicho de otra forma: Ventas y Utilidades. El reto consiste en hacer que una organización, a la cual se le han asignado sub-objetivos que perseguir, logre enfocar realmente las actividades encaminadas hacia el objetivo final que es el de obtener una utilidad, pero no a causa de malestares con los clientes por fallas ya que eso va en detrimento del objetivo de ventas. El secreto está en el equilibrio o balance.



## 2.2 Estrategia operativa

Tenemos que considerar que la cuestión de la estrategia operativa es pilar fundamental para el establecimiento de los objetivos a corto plazo. Una planta tiene que planear cual será su producción estimada en base a sus capacidades, mantenimientos programados y esta información es básica para poder establecer objetivos de ventas, inventarios, insumos, etc.

Se reconoce cada vez más que el área de operaciones debe ayudar a la firma a lograr una posición competitiva en su mercado. La obtención de una ventaja sobre la competencia se logra mediante un mejor desempeño de las operaciones.

## 2.3 Toma de decisiones

Cuando ya se conoce una oportunidad y una meta, el núcleo de la planeación es realmente el proceso de decisión. Por lo tanto, el proceso que conduce a una toma de decisión se podría visualizar como: elaboración de premisas, identificación de alternativas, evaluación de alternativas en términos de la meta deseada, elección de alternativa, es decir, la toma de decisiones.

Puesto que los administradores, no solo deben tomar decisiones correctas sino que también deben tomarlas cuando es necesario y del modo más económico posible y, debido que tienen que hacerlo con frecuencia, es útil contar con pautas sobre la importancia relativa de las decisiones. Las menos importantes no requieren de un análisis e investigación profundos e incluso quizás se puedan delegar sin problemas y sin poner en peligro la responsabilidad básica del administrador. La importancia de una decisión, también depende del alcance de la responsabilidad, por lo que, aquello que quizás no tenga prácticamente importancia para el presidente de una empresa, puede ser de gran importancia para el jefe de una sección.

Como la administración de operaciones se relaciona con la toma de decisiones para el sistema de transformación y la función de operaciones, se necesita una estructura que establezca categorías y defina las decisiones dentro de la planta.

## 2.4 Políticas para aseguramiento de abasto

Todas las firmas, incluyendo las que operan bajo el esquema Justo a Tiempo (JIT), mantienen un inventario por las siguientes razones:

1.- *Para mantener independencia de las operaciones.* Una fuente de materiales en un centro de trabajo permite ganar flexibilidad en las operaciones. Por ejemplo, debido a que existen costos externos por configuraciones de máquinas, en nuestro caso por cambios de rodillos, es necesario producir un lote mayor para minimizar el costo de cambio de set ups.

2.- *Para cumplir la demanda variable del producto.* Si la demanda del producto se conoce con exactitud, podría ser posible (aunque algunas veces económicamente no factible) producir exactamente la cantidad demandada. Aquí el caso es que la mayoría de las veces la demanda es variable y se hace necesario mantener un inventario de seguridad.

3.- *Para permitir flexibilidad en la programación de la producción.* Un nivel de inventario adecuado, libera presión en el sistema de producción para obtener los productos necesarios. Esto ocasiona más largos tiempos de entregas, lo cual permite planeación de la producción con un flujo más suave y una operación de bajo costo mediante más grandes lotes de producción.

4.- *Para proveer seguridad para variaciones en los tiempos de entregas de la Materia Prima (MP).* Cuando el material es ordenado por el cliente se pueden llegar a sufrir retrasos por una variedad de razones, tales como: variación normal en tiempos de entrega, un faltante de material en la planta de los proveedores causando huecos, un inesperado paro de labores en la planta de nuestros proveedores, una orden perdida, embarques incorrectos o material defectivo.

5.- *Para tomar ventaja del tamaño de un lote económico.* En ocasiones existen costos por poner una orden en el sistema como: Mano de Obra, Llamadas, etc. Por lo tanto, entre más grande sea la orden son menos ordenes las que tienen que alimentarse al sistema. Adicionalmente, los costos de envío también favorecen las grandes órdenes ya que entre más grande es la orden, más barato el envío por unidad.

Algo que debemos considerar es que el espíritu original del JIT era que el cliente no cargara con el costo de los inventarios sino que fuera pagando lo que estuviera necesitando por ponerlo de algún modo. La realidad es que el **inventario es un costo** y quiera verlo el cliente o no en sus libros, éste costo del proveedor siempre estará implícito en el precio de venta.

## CAPITULO III

### Factores de Ruido

#### 3.1 Variaciones en la Demanda

En cada negocio existen muchas razones que pueden explicar más específicamente ruidos en la demanda, sin embargo, existe un fenómeno en las cadenas de suministro que algunos autores llaman efecto Bullwhip<sup>2</sup> (Azote de toro) o efecto látigo que consiste en, la amplificación escalada de los requerimientos originales de Materia Prima por motivos de seguridad. Lo anterior quiere decir, por ejemplo concretamente el caso de la cadena de ventas “Mostrador” - Proveedor “A” - Proveedor “B” - Proveedor “C” - Proveedor “D”, etc., y, digamos que el Cliente Final, en este caso el dueño del mostrador, tiene una demanda estacional de sus equipos de aire acondicionado y cuando aquellos definen sus metas de ventas, le pasa su pronóstico de consumo de materias primas a sus proveedores con un factor de seguridad, es decir, pide unidades demás por si llegase a haber algún pico en la demanda.

El siguiente proveedor en la cadena a su vez, teniendo el número de ventas pronosticadas por su cliente, solicita a sus proveedores un número definido de componentes para la fabricación de los equipos. Por supuesto, con su factor de seguridad en el requerimiento. Para cuando llega el requerimiento de Materia Prima a “H” (quien sería digamos en este caso el Proveedor “D”) el requerimiento llegó con un efecto amplificado y si originalmente para cubrir las expectativas originales del cliente final, la Materia Prima fabricada cubre 4 ó 5 veces el consumo final del cliente.

Este efecto añade a los pronósticos mucha variación ya que tienen que hacerse ajustes sobre la marcha a los mismos para poder tratar de nivelar estos errores.

---

<sup>2</sup> **Bullwhip**. Efecto de amplificación secuenciada de pronósticos en demanda en una cadena productiva. En español algunas personas le llaman efecto “látigo”

### 3.2 Variaciones de entrega de la planta

Otro factor importante para considerar es que la planta en su búsqueda para minimizar el costo de ajustes de set up, junta pequeñas órdenes y fabrica todas juntas, haciendo que el inventario diario que llega al almacén tenga un comportamiento un tanto nervioso como ya observaremos más adelante.

## CAPITULO IV

### El costo del inventario y fundamentos de pronósticos

#### 4.1 Costos de un inventario

Muchos problemas de decisión de inventario se pueden resolver mediante la utilización de criterios económicos. Sin embargo, uno de los prerrequisitos más importantes es el entender la estructura del costo. Las estructuras del costo de inventario incorporan los cuatro siguientes tipos de costo. Los costos imputables al inventario se pueden clasificar en:

*1.- Costo de mantener el inventario.* En esta categoría se incluyen: las bodegas o almacenes, manejo, seguros, daños, obsolescencia, depreciación, impuestos y el costo de oportunidad de capital. Es obvio que un alto costo de mantener inventario nos lleva a tratar de bajar los niveles e incrementar la frecuencia de reemplazo. Para el caso que estudiaremos, el costo de mantener inventario diario o anualizado se puede estimar en función al costo de oportunidad que representa mantener el dinero en el banco consideraremos para efectos de estudio un precio de 700 usd / t @ 6% anual.

Este es el costo de comprar y producir los artículos individuales del inventario. El costo del artículo generalmente se expresa como un costo unitario multiplicado por la cantidad adquirida o producida. Algunas veces el costo del artículo es menor si se compran suficientes unidades a la vez.

Los costos de inventario o conservación están relacionados con la permanencia de artículos en inventario durante un periodo. El costo de conservación usualmente se carga como un porcentaje del valor por unidad en el tiempo. Por ejemplo, un costo de conservación anual del 15% significa que costará 15 centavos el conservar un inventario de 1\$ durante un año.

*2.- Costos de configuración (o de cambios en la producción).* Para hacer cada producto diferente se tiene que considerar la obtención de los diferentes

materiales, los diferentes arreglos o configuraciones a los equipos, el llenado de papeles o documentos, el cargo apropiado de tiempo de materiales y el movimiento de los materiales que ya teníamos en nuestro inventario.

Cuando no existen costos por cambio en la producción de un modelo a otro, entonces se puede concluir que no existen costos de configuración. Particularmente en el caso que estudiaremos de “H”, existe un costo inherente a los cambios del setup pero esto no es exclusivo para el caso “H” – “E” sino más bien para todos los productos fabricados en la planta. Haciendo este costo, un costo fijo-variable en función de la mezcla de productos a fabricar. Este costo no lo consideraremos en el estudio.

3.- *Costo de ordenar.* Este costo se refiere al manejo de los costos inherentes a la preparación de las órdenes de producción. Para el caso “H”, no consideraremos el costo de ordenar puesto que se tiene un departamento que se dedica a la captura de los pedidos de los clientes y haya o no solicitudes de material, el departamento sigue existiendo dándonos como resultado que este costo sea un costo fijo.

El costo de ordenar pedidos está relacionado con la adquisición de un grupo o lote de artículos. El costo de ordenar pedidos no depende de la cantidad de artículos adquiridos; se asigna al lote entero. Este costo incluye la mecanografía de la orden de compra, la expeditación de la orden, los costos de transporte, los costos de recepción, etc. Cuando el artículo se produce dentro de la empresa, existen también costos asociados con la colocación de una orden que son independientes de la cantidad de artículos producidos.

4.- *Costo de faltante.* Cuando un modelo o pieza se agota en el inventario, a menudo se tienen que absorber las consecuencias de dicho faltante. En el caso del convenio cliente – proveedor “H” – “E” existe el acuerdo de que el costo del faltante es igual a \$200 usd x la media de la demanda diaria x 5 días.

El costo de inexistencias refleja las consecuencias económicas cuando se terminan los artículos almacenados. Aquí existen dos clases: los costos tangibles y los intangibles.

Los costos tangibles son aquellos cargos o repercusiones económicas a las que se es acreedor una empresa cuando incurre en faltante de material.

Los costos intangibles son aquellos costos como la imagen que se ve deteriorada cuando una empresa se queda sin inventario de producto terminado.

## 4.2 Pronósticos

Los pronósticos son vitales para cada negocio y para cada decisión administrativa. Los pronósticos son las bases de las planeaciones corporativas de largo plazo. En las áreas funcionales de finanzas y contabilidad, los pronósticos proveen las bases para la planeación presupuestal y control de costos. Mercadotecnia confía en los pronósticos de ventas para planeación de nuevos productos, las compensaciones al personal de ventas y tomar otras decisiones clave. Personal de producción y operaciones usan los pronósticos para tomar decisiones periódicas que involucren al proceso, planeación de capacidades, programación de la producción, programación e inventario.

Tenemos que tener los pies en la tierra de que un pronóstico perfecto es generalmente imposible de hacer. Existen muchos factores en los negocios que no son predecibles. Por lo tanto, más que buscar el pronóstico perfecto, es mucho más importante establecer la práctica de revisiones continuas de los pronósticos y aprender a vivir con inexactitudes. Esto no es para decir que no deberíamos tratar de mejorar los modelos o metodologías de pronósticos, sino más bien que deberíamos tratar de encontrar y usar el mejor método de pronóstico disponible, con los pies en la tierra.

Pronosticar es el arte y la ciencia de predecir los eventos del futuro. Hasta la última década, los pronósticos eran, en su gran mayoría, un arte. Sin embargo, ahora también se ha convertido en una ciencia. Aunque aún se



necesita del juicio gerencial para pronosticar, el gerente cuenta con la ayuda de herramientas y métodos matemáticos sofisticados. De hecho, los pronósticos han recorrido un largo camino desde la magia negra, la predicción de la fortuna por medio de las estrellas, las hojas de té o las bolas de cristal.

Vamos a tratar en esta sección varios métodos diferentes utilizados para pronosticar, así como sus usos. Uno de los puntos más importantes del capítulo, es que debe seleccionarse con cuidado el método de pronóstico para el uso particular que se pretende darle. No existe un método universal para pronosticar en todas las situaciones.

Los pronósticos casi siempre estarán equivocados. Es raro que las ventas sean iguales a la cantidad exacta que se pronosticó. Con capacidad adicional, inventarios, o reprogramación de pedidos se pueden absorber algunas variaciones pequeñas contra el pronóstico. Sin embargo, las variaciones grandes contra los pronósticos pueden causar estragos en la cadena productiva. Por ejemplo, supongamos que pronosticamos una venta de 100,000 cajas de un producto en un año en particular y solamente se venden 80,000 en realidad. Las 20,000 adicionales pueden terminar en el inventario o quizás se reduzca el nivel de empleo para reducir los niveles de producción. Resulta igualmente doloroso cuando el pronóstico es demasiado bajo. Se colocan tensiones adicionales sobre la capacidad, es posible que se añada personal nuevo a la carrera o que se pierdan ventas debido a faltas de inventario.

Existen tres formas de ajustarse a los errores de un pronóstico. Una de ellas es tratar de reducir el error a través de mejores pronósticos. La segunda es incrementar la flexibilidad de las operaciones y la tercera consiste en reducir el tiempo de anticipación con que se necesitan los pronósticos. Incluso, los pronósticos bien hechos tendrán cierto margen de error; sin embargo, la meta es el menor margen de error posible, lo cual es consistente con los costos razonables de pronóstico.

Para reconocer los errores inherentes a los pronósticos, todos estos deberían tener por lo menos dos números: uno que es la mejor estimación de la

demanda (por ejemplo media, mediana o moda) y el otro para el error de pronóstico (por ejemplo, desviación estándar, desviación absoluta o rango). La realización de pronósticos que cuentan sólo con un número implica ignorar el error; sin embargo, esto ocurre comúnmente en la práctica.

Con frecuencia, los problemas que se encuentran cuando se pronostica son muy complejos y difíciles. Un ejemplo sería pronosticar las 10,000 distintas variedades de hilo que se utilizan en una fábrica textil. Cada uno tiene un color diferente, tamaño de carrete y espesor del hilo, por lo cual se necesita un pronóstico separado de suministro para cada uno. La falta del hilo adecuado puede hacer que se pare la línea o exigir un cambio costoso en la producción de otro producto. En las grandes tiendas al menudeo, es posible que se necesiten hasta un millón de pronósticos diferentes para distintos artículos, modelos, tamaños y colores. La falta de inventario podría dar como resultado la pérdida de ventas o incluso la pérdida de ventas futuras cuando el cliente queda insatisfecho. Por lo tanto, los pronósticos ocupan un papel central dentro de las operaciones debido a su complejidad e impacto sobre todas las decisiones de operaciones.

#### 4.2.1 Marco conceptual de los pronósticos

Existen varios tipos de pronósticos, en esta sección nos enfocaremos en el pronóstico de la demanda de producción de la función de operaciones. Sin embargo demanda y ventas no siempre son lo mismo. Cuando la demanda no se ve limitada por la capacidad u otras políticas administrativas, el pronóstico de ésta será el mismo que el pronóstico de ventas. En caso contrario, las ventas podrían ser ligeramente inferiores a la demanda de los clientes.

También es necesario aclarar desde el principio la diferencia entre pronósticos y planeación. Los pronósticos se refieren a lo que se cree que sucederá y en el futuro. De esta manera, a través de la planeación se hace un intento consciente por alterar los eventos del futuro mientras que se utilizan los pronósticos sólo para predecirlos. La buena planeación utiliza los pronósticos

como insumo. Si el pronóstico no es aceptable, en ocasiones se puede diseñar un plan para cambiar el curso de los eventos.

El pronosticar es un insumo para todos los tipos de planeación y control empresarial, tanto dentro como fuera de la función de operaciones. El área de mercadotecnia utiliza los pronósticos para planear los productos, la promoción y los precios. Finanzas los utiliza como insumos para la planeación financiera. El enfoque primordial en esta sección será respecto a los pronósticos diseñados para la función de operaciones en donde se les utiliza como insumo para la toma de decisiones sobre diseño del proceso, planeación de la capacidad e inventarios.

En el caso del diseño del proceso, se necesitan los pronósticos para decidir el tipo de proceso y el grado de automatización que se va a utilizar. Por ejemplo, cuando hay un pronóstico bajo de las ventas en el futuro, esto podría indicar la necesidad de muy poca automatización y de que el proceso debe mantenerse lo más sencillo posible. Si se pronostica un volumen mayor, se podría justificar una mayor automatización así como un proceso más elaborado que incluyera un flujo de línea. Como las decisiones sobre el proceso tienen una naturaleza de largo plazo, es posible que requieran de pronósticos que se anticipen varios años.

Las decisiones sobre capacidad utilizan los pronósticos en varios niveles diferentes de agregación y precisión. En el caso de la planeación de la capacidad total de las instalaciones, se necesita un pronóstico a largo plazo que se adelante varios años en el futuro. En el caso de las decisiones sobre la capacidad a mediano plazo, se extenderán hasta el siguiente año o algo parecido. Se necesita un pronóstico más detallado por línea de producto para determinar los planes de contratación, subcontratación y decisiones sobre el equipo. Cuando esto es posible, los pronósticos a mediano plazo deben ser más exactos y más detallados que los pronósticos a largo plazo. Las decisiones sobre capacidad a corto plazo, incluyendo la asignación de personal disponible y de las máquinas designadas para las tareas o actividades en el futuro

cercano, deben detallarse en términos de los productos individuales y deben ser bastante exactos.

Las decisiones sobre inventarios dan como resultado acciones de compras que tienden a ser de una naturaleza de corto plazo y a referirse a productos específicos. Los pronósticos que llevan estas decisiones deben satisfacer los mismos requisitos que los pronósticos para la programación a corto plazo: deben tener un alto nivel de exactitud y ser específicos para cada producto individual. En el caso de las decisiones sobre inventarios y programación, por la gran cantidad de artículos que normalmente se involucran, también será necesario hacer un gran número de pronósticos. Por ello, con frecuencia se utilizan sistemas computarizados de pronóstico para este tipo de decisiones.

En resumen, existen diferentes tipos de decisiones en operaciones así como distintas necesidades de pronóstico relacionadas, como se muestra en la Tabla 1. La tabla indica además de los tres tipos de métodos de pronóstico que se describirán en este capítulo; cualitativos, de series de tiempo y causales.

En términos generales, los métodos de pronóstico cualitativos dependen del juicio gerencial; no utilizan modelos específicos. Por lo tanto distintos individuos pueden utilizar el mismo método cualitativo y llegar a pronósticos ampliamente distintos. Los métodos cualitativos son útiles, porque, cuando se carece de datos o cuando los datos del pasado no son confiables para predecir el futuro, la persona que toma las decisiones puede hacer uso de los mejores datos disponibles y de un enfoque cualitativo para elaborar un pronóstico.

Ver tabla 1.

TABLA 1. USOS Y MÉTODOS DE LOS PRONÓSTICOS

<b>Uso de los pronósticos para las decisiones</b>	<b>Horizonte de tiempo</b>	<b>Exactitud necesaria</b>	<b>Número de productos</b>	<b>Nivel Gerencial</b>	<b>Métodos de pronóstico</b>
Diseño del Proceso	Largo	Media	Uno o pocos	Alto	Cualitativos y causales
Planeación de la capacidad de las instalaciones	Largo	Media	Uno o pocos	Alto	Cualitativos y causales
Planeación Agregada	Mediano	Alta	Pocos	Mediano	Casuales y series de tiempo
Programación	Corto	La más alta	Muchos	Más bajo	Series de tiempo
Administración de inventarios	Corto	La más alta	Muchos	Mas bajo	Series de tiempo

Existen dos tipos de métodos cuantitativos para hacer pronósticos: los que son por series de tiempo y los que son causales. En general, los métodos cuantitativos hacen uso de un modelo subyacente para llegar a un pronóstico. La lógica básica de todos los métodos cuantitativos para hacer pronósticos es que los datos del pasado y los patrones de datos son indicadores confiables para predecir el futuro. En estos casos, los datos del pasado se procesan mediante series de tiempo o modelos causales para hacer un pronóstico.

La Tabla 1 resume la relación entre los métodos y el uso que se dará a los pronósticos. Como puede notarse, cada método tiene ciertas aplicaciones para las que es particularmente apropiado.

En el resto de esta sección se hará referencia a los conceptos de corto, mediano y largo plazo. “Largo plazo” es una proyección que avanza 2 años o más hacia delante. Es un horizonte común para la planeación de instalaciones y procesos. “Mediano plazo” se define como un período que va de seis meses a dos años y que es un marco de tiempo normal para las decisiones de planeación agregada, presupuestos y otras decisiones para la adquisición o asignación de recursos. “Corto plazo” indica menos de seis meses, en cuyo caso las decisiones se refieren al procuramiento de materiales y programación de puestos y actividades en particular. En los casos de decisiones a corto plazo,

son suficientes los pronósticos que abarquen los tiempos de procesamiento para la obtención de insumos o para la producción.

#### 4.2.2. Tipos de pronósticos

Los pronósticos pueden ser clasificados en cuatro grupos:

- a) *Pronósticos cualitativos*. Son técnicas subjetivas o de juicio y están basadas en estimados y opiniones.
- b) *Análisis de series de tiempos*. Está basado en la idea que la información de demanda pasada puede ser usada para predecir demanda futura. La información pasada puede incluir varios componentes tales como tendencia, estacionalidad, o influencias cíclicas.
- c) *Pronósticos causales*. Asume que la demanda está relacionada a factores implícitos.
- d) *Simulación*. Los modelos de simulación permite al pronosticador moverse dentro de un rango de suposiciones acerca de la condición del pronóstico.

##### 4.2.2.1 Métodos cualitativos de pronósticos

Como ya se indicó, los métodos cualitativos de pronósticos utilizan el juicio de los gerentes, su experiencia, los datos relevantes y un modelo matemático implícito. Como el modelo es implícito, si dos gerentes distintos utilizan los métodos cualitativos, es frecuente que lleguen a pronósticos con variaciones importantes.

Algunas personas consideran que los pronósticos cualitativos sólo deben utilizarse como último recurso, lo cual no es estrictamente correcto. Los pronósticos cualitativos deben utilizarse cuando los datos del pasado no resulten confiables como indicadores de las condiciones del futuro. Cuando ocurre lo anterior, los datos del pasado deben compensarse mediante un juicio antes de poder desarrollar un pronóstico. También debe utilizarse el pronóstico cualitativo para la introducción de nuevos productos cuando no se dispone de una base de datos históricos. En este caso, se pueden utilizar los métodos

cualitativos para desarrollar un pronóstico por analogía o mediante el uso selectivo de los datos de la investigación de mercados. Como se observará, es posible aplicar un enfoque sistemático aún cuando no se formule un modelo matemático explícito.

Uno de los métodos cualitativos de pronósticos, el denominado método Delphi, se utiliza para obtener pronósticos utilizando un grupo de expertos o gerentes. Una de las características de este método es que todas las estimaciones del grupo de consideran en forma anónima. Esto tiende a eliminar la influencia de un supuesto nivel de autoridad superior así como el efecto de seguir la corriente que es tan común cuando se utilizan grupos que se enfrentan cara a cara.

El método Delphi, que toma su nombre del famoso oráculo de Delfos de la antigua Grecia, avanza a lo largo de una serie de rondas. En la primera, cada persona del grupo proporciona una respuesta escrita a las preguntas que se le hacen. Después se tabulan estas respuestas y se retroalimenta al grupo con ellas, junto con estadísticas medias, medianas, rango ínter trimestral y desviación estándar. Después se pide a cada miembro del grupo que reconsidere sus respuestas anteriores y responda de nuevo las preguntas. Las respuestas de la segunda ronda se vuelven a resumir y se retroalimenta al grupo para una tercera ronda y así sucesivamente. Este procedimiento se repite con frecuencia durante cuatro o seis rondas (el mínimo son tres) hasta que se logra un grado suficiente de acuerdo. Como pronósticos se utilizan las estimaciones de la última ronda.

En ocasiones se critica al método Delphi y se le denomina “ignorancia de grupo”. Las críticas se derivan de la tendencia a que el proceso de retroalimentación obliga a estar de acuerdo con la media que presenta el grupo. Sin embargo, este método puede utilizarse para obtener pronósticos razonables cuando la situación es muy incierta y se carece de datos.

Un ejemplo del uso del método Delphi para obtener un pronóstico de ventas a cinco años para utilizarlo en la planeación de instalaciones lo proporcionaron Basu y Shroeder (1977). En este caso, las ventas de *American*

*Hoist and Derrick* habían quedado limitadas por falta de capacidad y, por lo tanto, las ventas no servían para predecir con certeza la demanda futura. Más aún, las condiciones económicas cambiaban con rapidez, lo cual hacía que los datos del pasado fueran poco confiables. Por lo tanto, se utilizó el método Delphi para hacer que los gerentes corrigieran los datos del pasado disponibles y reflejaran las condiciones que se esperaban para el futuro.

En este caso, se seleccionó a un grupo de 23 gerentes que conocían el mercado global y el panorama de las ventas y que además pertenecían a las distintas partes funcionales de la corporación. Se le proporcionó al grupo un cuestionario en donde se solicitaban tres estimaciones: el producto nacional bruto, las ventas de la industria y las ventas de la compañía para los próximos cinco años. Se pidieron estas tres estimaciones para que los miembros del grupo se vieran obligados a pensar en la interrelación que existe entre la economía, la industria y la compañía, y para permitir revisiones de validación y correlación en los resultados. A los gerentes se les dieron los datos de los últimos cinco años relativos a estos tres indicadores y simplemente se les pidió que presentaran su mejor estimación para cada uno de los siguientes cinco años.

Tanto las estimaciones anónimas de todos los gerentes como los resúmenes estadísticos se retroalimentaron en la segunda ronda. Los datos indicaron amplias variaciones en las estimaciones. Por ejemplo, las estimaciones de un año de ventas para la industria variaban desde un punto bajo de ‘% de incremento hasta un punto alto de 35% de incremento con media de 955 y una desviación estándar del 8%.

Además de una estimación revisada, los miembros del grupo tuvieron que dar sus razones para la estimación de la segunda ronda, lo cual dio como resultado una serie de puntos de vista acerca de las condiciones del futuro. Después, estos razonamientos se retroalimentaron junto con las estimaciones revisadas y las estadísticas para la tercera ronda.

El resultado de las tres rondas sucesivas fue un acuerdo sorprendente entre los pronósticos de los gerentes. Para el caso del producto nacional bruto de



un año, el pronóstico de la primera ronda variaba desde un incremento del 0% hasta uno del 12%, mientras que en la tercera ronda la estimación se había centrado en incrementos del 5% al 8.5%. Además de lograr un pronóstico, el acuerdo produjo un enfoque compartido por los gerentes, que no existía antes de utilizar el procedimiento Delphi.

La alta gerencia de *American Hoist and Derrick* recibió tres pronósticos: el pronóstico Delphi, otro que se desarrolló utilizando el método de regresión y un tercero que usó la suavización exponencial. El pronóstico Delphi se consideró el más creíble en opinión de la alta gerencia debido a que incorporaba el juicio de 23 gerentes corporativos con valiosos conocimientos. La confianza se vio justificada en forma subsecuente cuando las ventas corporativas del primer año cayeron en una estadística real que variaba sólo la tercera parte de un punto porcentual, contra el pronóstico y las ventas del segundo año que cayeron en un número que las hacía variar sólo 4% contra el pronóstico. En el pasado había sido común tener errores de más del 20%.

#### 4.2.2.2. Pronósticos por series de tiempo

Los métodos por series de tiempo se utilizan para hacer análisis detallados de los patrones de demanda en el pasado, a lo largo del tiempo y para proyectar estos patrones hacia el futuro. Una de las suposiciones básicas de todos los métodos por series de tiempo, es que la demanda se puede dividir en componentes como nivel promedio, tendencia, estacionalidad, ciclos y error.

La estrategia básica que se utiliza en los pronósticos por series de tiempo, es identificar la magnitud y la forma de cada uno de los componentes basándose en los datos disponibles del pasado. Estos componentes (con excepción del componente aleatorio), se proyectan entonces hacia el futuro. Si sólo queda un componente aleatorio pequeño y el patrón persiste en el futuro, se obtendrá un pronóstico confiable.

Estos modelos de series de tiempo tienen nivel, tendencia, factor de estacionalidad y error aleatorio. Cada uno de estos términos se estima a partir

de los datos del pasado para desarrollar una ecuación que se utiliza entonces para pronosticar la demanda del futuro.

#### 4.2.2.3 Promedio móvil

El método más simple para el pronóstico por series de tiempo es el método del promedio móvil. En este método se supone que la serie de tiempo tiene solo un componente de nivel y un componente aleatorio. No se presupone la presencia de patrones de estacionalidad, tendencias ni componentes de los ciclos en datos de la demanda. Sin embargo, las versiones más avanzadas del promedio móvil pueden incluir todos los demás componentes.

Cuando se selecciona el promedio móvil se selecciona un número dado de períodos  $N$  para los cálculos. Después se calcula la demanda promedio  $A_t$  para los períodos  $N$  del pasado al momento  $t$  de la manera siguiente:

$$A_t = \frac{D_1 + D_{t-1} + \dots + D_{t-N+1}}{N}$$

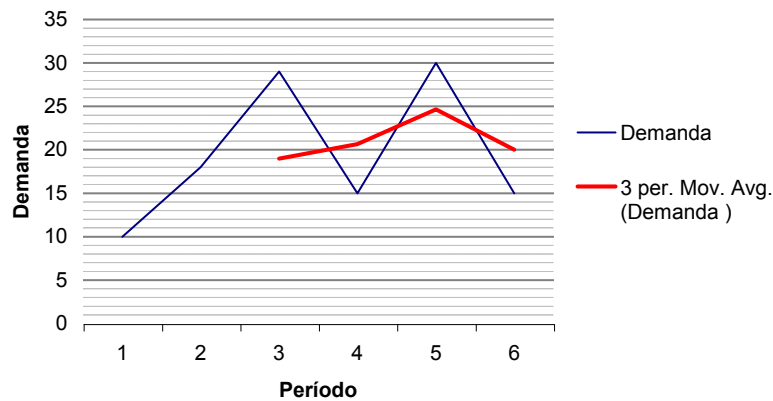
Como se supone que la serie de tiempo es horizontal, el mejor pronóstico para el período  $t+1$  es simplemente una continuación de la demanda promedio observada lo largo del período  $t$ . De esta manera se obtiene:

$$F_{t+1} = A_t$$

Cada vez que se calcula  $F_{t+1}$ , la demanda más reciente se incluye en el promedio y se quita la observación de la demanda más antigua. Este procedimiento mantiene un número de  $N$  períodos de demanda dentro del pronóstico y permite que el promedio se mueva conforme se observan los datos de las nuevas demandas.

Veamos un ejemplo en la siguiente página.

Período	Dt	
	Demanda	Promedio Móvil 3 períodos
1	10	
2	18	
3	29	19
4	15	21
5	30	25
6	15	20



#### 4.2.2.4 Método usado en el caso

Si el presente es el resultado del pasado, no hay porque pensar que será diferente con el futuro. Realmente el método en el estudio para evaluar los movimientos y tendencias para tratar de predecir el futuro es el análisis del pasado.

Se analizan los comportamientos de los inventarios, entregas a cliente y entregas de planta reales para luego desglosar por ítem en el período comprendido entre Enero 2005 a Agosto 2006.

## CAPITULO V

### La demanda

#### 5.1 Administración de la demanda

El propósito de la administración de la demanda es coordinar y controlar todas las fuentes de la demanda de tal forma que el sistema productivo pueda ser usado eficientemente y el producto entregado a tiempo.

La demanda de un producto o servicio puede venir de diferentes fuentes y se pueden clasificar en:

- a) *Demanda Dependiente*. Es la resultante de una demanda de un producto o servicio causada por la demanda de otro producto o servicio. Por ejemplo, si una empresa vende 1,000 triciclos, como resultado de una demanda dependiente, se necesitan 3,000 ruedas.
- b) *Demanda Independiente*. Este tipo de demanda no se deriva directamente de otros productos. Por ejemplo, los 1,000 triciclos.

No hay mucho que se pueda hacer para controlar la demanda dependiente; ésta debe ser cumplida (aunque el producto o servicio puede ser comprado más que producido internamente). Empero hay mucho que se puede hacer con respecto a la demanda independiente. Si la compañía lo quiere, puede:

-Tomar un rol activo para influenciar la demanda.- La compañía puede aplicar presión a su fuerza de ventas, puede ofrecer incentivos tanto los clientes como a su propio personal, dar salarios variables en función de resultados, puede recortar precios. Etc. Estas acciones pueden incrementar la demanda. De manera contraria, la demanda puede disminuirse al incrementar los precios o reducir los esfuerzos de ventas.

-Tomar un rol pasivo y simplemente responder a la demanda.- Hay varias razones por las cuales una compañía puede no tratar de cambiar la demanda y simplemente aceptar lo que sucede en su entorno. Si una compañía está corriendo a capacidad completa, es probable que no quiera hacer nada para

modificar la demanda. Otras razones pueden ser que la publicidad para influenciar en la demanda esté fuera del alcance de la compañía, que la demanda sea fija y estática, o que la demanda está más allá de su control.

Se requiere un gran esfuerzo de coordinación para administrar estas demandas dependientes, independientes, activas y pasivas.

## 5.2 Componentes de la demanda

En la mayoría de los casos, la demanda para los productos y servicios puede ser desglosada en seis componentes: Demanda promedio para el período, tendencia, elemento estacional, elementos cíclicos, variación aleatoria y autocorrelación.

Los factores cíclicos son más difíciles de determinar dada la ventana de tiempo que se tiene puede ser desconocida o la causa del ciclo puede no estarse considerando. La influencia cíclica de la demanda puede venir de eventos tales como elecciones políticas, guerra, condiciones económicas, o presiones sociológicas.

Las variaciones aleatorias son causadas por eventos no especificados. Estadísticamente, cuando todas las causas conocidas de la demanda (promedio, tendencias, estacionalidad, ciclicidad y autocorrelacionaridad) están conocidas de la demanda total, lo que permanece es la porción inexplicable de variación de la demanda. Si no podemos identificar la causa de esta porción, se asume que es puramente variación aleatoria.

Autocorrelación denota la persistencia de la ocurrencia. Más específicamente, el valor esperado de cualquier punto está altamente correlacionado con sus propios valores pasados. En la teoría de colas la longitud de la cola está altamente autocorrelacionada. Esto es, si la cola es relativamente larga en un tiempo específico, por consiguiente en un lapso de tiempo junto, podemos esperar que la cola todavía esté larga.

Cuando la demanda es aleatoria, esta puede variar grandemente de una semana a la otra. Cuando existe una alta autocorrelación, la demanda no se espera que cambie mucho de una semana a la otra.

Las líneas de tendencia son los puntos de inicio de cualquier pronóstico. Estas líneas de tendencias son luego ajustadas por efectos estacionales, cíclicos y cualquier otro evento esperado que pueda influenciar el pronóstico final.

## CAPITULO VI

### Supply Chain

#### 6.1 Estrategia de la cadena de suministro

La administración de la cadena de suministro es un tema muy importante en los negocios de hoy en día. La idea es aplicar un enfoque total sistematizado para administrar el flujo completo de información, materiales y servicios desde las materias primas con los proveedores pasando a través de las fábricas y bodegas y llegando hasta el cliente final.

El término “cadena de suministro” viene de una ilustración de como las organizaciones están enlazadas todas juntas tal como si fueran vistas como una sola compañía. Existe un enlace entre proveedores que suministran las entradas, la manufactura y servicios de soporte a las operaciones que transforman las entradas en productos y servicios, y los proveedores de servicio locales, distribuidores que ubican el producto.

#### 6.2 Medición del desempeño de la cadena de suministro

Un vistazo a la cadena de suministro está centrado en los inventarios que están posicionados en el sistema. La eficiencia de la cadena de suministro puede ser medida en base al tamaño de la inversión del inventario en la cadena. La inversión del inventario es medida relativamente al costo total de los bienes que están provistos en la cadena de suministro.

Dos maneras comunes para evaluar la eficiencia de las cadenas de suministro son: retorno del inventario y semanas de inventario. Ambas esencialmente miden la misma cosa y matemáticamente son inversas una de la otra.

El retorno del inventario se calcula como sigue:

$$\text{Retorno del inventario} = \frac{(\text{Costo de los bienes vendidos})}{\text{Valor promedio del inventario agregado}}$$

El costo de los bienes vendidos es el costo anual para la compañía para producir los bienes o servicios suministrados a los clientes. Algunas veces se le nombra “costo del ingreso”. No incluye gastos de ventas ni administrativos de la compañía. El valor promedio del inventario agregado es el valor total de todos los artículos mantenidos en inventario de la compañía traducidos en costo. Incluye materia prima, inventario en proceso, bienes terminados, y quizás, inventario en bodegas de distribución considerado parte de los bienes de la compañía (como ejemplo, materiales en consignación).

Las vueltas al inventario varían por tipo de industria y de los tipos de productos que están siendo comercializados. En un ejemplo, en una tienda de abarrotes, las vueltas de inventario pueden ser cientos de vueltas en un año mientras que en otro tipo de negocios puede ser 6 ó 7 vueltas en un año.

En muchas situaciones, particularmente donde el inventario para la distribución de los bienes, es bueno contar con una medida de medición en semanas de abasto. Esta es una buena medida para estimar cuantas semanas de inventario tenemos en el sistema en un punto en el tiempo en particular. El cálculo es con la siguiente fórmula:

$$\text{Semanas de abasto} = \left( \frac{\text{Valor del inventario promedio}}{\text{Costo de los bienes vendidos}} \right) 52 \text{ semanas}$$

Cuando la compañía en sus estados financieros reporta vueltas de inventario y semanas de abasto, podemos asumir que la forma de hacer la medición es calculada de manera estandarizada.

En algunas operaciones con demasiado bajo inventario, es probable que en lugar de semanas de abasto, sea mejor utilizar días o quizás horas de abasto.



Todas las compañías consideran el inventario como una inversión dado que la intención para el inventario es que sea usado y capitalizado en el futuro. El inventario absorbe fondos que podrían usarse para otros propósitos y las compañías quizás tengan que solicitar un préstamo para financiar la compra del inventario. El objetivo siempre es tener la cantidad más adecuada de inventario y tenerlo en el lugar correcto en la cadena de suministro. La determinación de donde debe estar que tipo de inventario requiere un análisis muy detallado de la “Supply Chain” a la par con las prioridades competitivas que definen el mercado para los productos de cada negocio.

### 6.3 Tipos de Cadenas de Suministro (Supply Chain o SCH)

Se puede tratar de clasificar los tipos de “Supply Chain” en 4 tipos diferentes

- La SCH Eficiente: Estos tipos de SCH utilizan estrategias apuntando a crear la mayor eficiencia en costos. Para lograr tales eficiencias, todas las actividades que no agregan valor son eliminadas, se buscan las economías a escala, técnicas de optimización se despliegan para obtener la mejor capacidad de utilización en la producción y distribución, y vínculos de información son establecidos para asegurar la mayor eficiencia, exactitud y la mejor y más eficiente comunicación en toda la SCH.
- La SCH contra todo riesgo: Este tipo de SCH utilizan estrategias enfocadas a reunir y compartir recursos en la SCH para compartir los riesgos de alguna interrupción. Una entidad sola en una SCH puede ser vulnerable a interrupciones en el suministro, pero si se tiene más de una fuente de suministro disponible, entonces el riesgo de interrupciones se reduce. Una compañía puede, por ejemplo, incrementar su inventario de seguridad de sus componentes clave para alejarse de los riesgos de interrupciones en el suministro, y compartiendo este componente clave con otras

compañías quienes también necesitaran este producto, el costo de mantener este inventario de seguridad puede ser compartido. Este tipo de estrategias son es común en el tipo de negocios como revendedores, donde diferentes puntos de venta o revendedores comparten inventarios. Las Tecnologías de Información son importantes para el éxito de estas estrategias ya que información en tiempo real de inventario y demanda permite la mayor administración efectiva y de bajo costo así como también la transferencia de bienes entre socios compartiendo el inventario.

- La SCH responsable: Esta es la SCH que utiliza estrategias enfocadas en ser responsable y flexible a las cambiantes y diversas necesidades de los clientes. Para ser responsables, las compañías usan un “hecho a la orden” y procesos de adaptación como una manera de cumplir los requerimientos específicos de los clientes.
- La SCH ágil: Esta SCH utiliza estrategias enfocadas para ser responsable y flexible a las necesidades del cliente, mientras los riesgos de faltantes o interrupciones en el suministro son protegidos reuniendo inventario y otros recursos. Estas SCH esencialmente tienen estrategias puestas para combinar las fortalezas de la “protección” y la “responsabilidad” de la SCH.

#### 6.4 Conceptos acerca del planeación de la capacidad

El término “capacidad” lleva implícito una tasa o porcentaje de salida, por ejemplo, 300 carros por día, 5,000 toneladas métricas diarias, pero no dice por cuanto tiempo esta tasa puede ser sustentable. Así no podemos saber si estos 300 carros por día o estas 5,000 toneladas métricas diarias son de un día pico o de un promedio de 6 meses. Para evitar este problema, es mejor utilizar el concepto de “mejor nivel operativo”. Este es el nivel de capacidad para el cual el proceso fue diseñado y así es el volumen de salida a la cual el costo unitario es minimizado. La determinación de este mínimo es difícil ya que involucra una

compleja compensación entre cupo o asignación de costos fijos y el costo de tiempo extra, desgaste del equipo, tasas defectivas y otros costos.

Una medida importante es la “tasa de utilización de capacidad”, la cual revela que tan cercana esta la compañía de su mejor punto operativo (que es, capacidad de diseño):

$$Tasa \ de \ Utilización = \frac{Capacidad \ usada}{Mejor \ Nivel \ Operativo}$$

La tasa de utilización es expresada en porcentaje y requiere que el numerador y el denominador sean medidos en las mismas unidades y períodos de tiempo (por ejemplo, toneladas por hora, barriles de petróleo por día, etc)

## 6.5 Conceptos acerca del planeación de la capacidad

La noción básica de las economías a escala es que cuando una planta productiva crece y su volumen se incrementa, el costo promedio unitario de salida cae. Esto es parcialmente debido a un menor costo operativo así como un menor capital, como ejemplo, un equipo productivo con el doble de capacidad de otra pieza típicamente no costa el doble de lo que cuesta la pieza o equipo productivo sencillo. Las plantas también ganan eficiencia cuando llegan a ser lo suficientemente grandes para utilizar completamente los recursos dedicados para las tareas tales como manejo de materiales, equipo de cómputo, y personal administrativo de soporte.

En algún punto, el tamaño de la planta llega a ser tan grande que las economías a escala llegan a ser un problema. Estas economías pueden afectar en varios sentidos. Por ejemplo, mantener la demanda requerida para mantener operando plantas tan grande puede implicar significativos descuentos en el producto. Las armadoras americanas a menudo se les presentan estas situaciones. Minimizar el tiempo muerto en el equipo en este tipo de operación es esencial.

La “**curva de aprendizaje**” es un concepto muy bien conocido a nivel mundial. Conforme la planta produce mas y mas, ésta gana experiencia con respecto a mejores métodos de producción, lo cual reduce sus costos de

producción de una manera predecible. Cada vez que una planta incrementa al doble su producción, sus costos de producción se reducen en un cierto porcentaje dependiendo de la naturaleza del negocio.

¿Dónde se juntan las economías a escala y la “curva de aprendizaje”?

Hay dos maneras de sobresalir de entre la competencia en lo que a “costo” concierne. No nada mas ganan las plantas grandes de las economías a escala, sino que también éstas producirán más, dadas las curvas de aprendizaje. Las compañías muy a menudo usan esta ventaja dual como una estrategia competitiva primero construyendo una planta grande con sustancialmente economías a escala y luego usando sus bajos costos para bajar sus precios e incrementar sus volumen de ventas. El volumen de ventas incrementado baja considerablemente su curva de aprendizaje más rápidamente que sus competidores, permitiendo a la compañía a bajar sus precios aún más, ganando aún más volumen. Sin embargo, dos criterios se deben seguir para tener éxito 1) el producto debe cumplir las necesidades de los clientes y 2) la demanda debe ser lo suficientemente grande para soportar el volumen.

Enfoque a la capacidad. Muchas firmas han tratado de ser lo más eficientes en todos los ámbitos del negocio y muchas han fracasado. Lo más recomendable es tomar algunos aspectos del negocio que mejor ayuden a cumplir los objetivos de la compañía, puede ser alguno de los siguientes: costos, calidad, flexibilidad, introducción de nuevos productos, confiabilidad, cortos tiempos de entrega, y baja inversión. Sin embargo, dadas las brechas en tecnologías de manufactura, hay una evolución en los objetivos de las empresas hacia el hacer todo bien. Así que ¿cómo le hacemos con estas dos aparentes contradicciones? Una manera es decir que si la compañía no tiene la tecnología para perfeccionar múltiples objetivos, entonces se requiere un enfoque estrecho. Otra manera es reconociendo que la realidad práctica, no todas las compañías están en industrias que les requiere usar su rango completo de capacidades para competir.

## **Flexibilidad en la capacidad**

Flexibilidad en la capacidad se refiere al tener la habilidad para rápidamente incrementar o reducir los niveles de producción, o cambiar la capacidad de producción rápidamente de un producto a otro. Tal flexibilidad se logra mediante plantas flexibles, procesos y trabajadores, así como también estrategias que usan la capacidad para otras organizaciones.

Una planta flexible. Quizás lo último en flexibilidad de plantas es el concepto de plantas con cero tiempos de cambios de configuración. Usando equipo móvil, etc..así como también instalaciones de fácil acceso. Tales tipos de plantas pueden ser adaptarse rápidamente a los cambios.

Un proceso flexible. Los procesos flexibles son ejemplificados por sistemas de manufactura flexible que por un lado y un equipo de fácil adaptación a los requerimientos de los clientes. Ambos enfoques técnicos permiten rápidos cambios de “bajo costo” de una línea de producción hacia otra permitiendo lo que algunas veces se le conoce como “economías de alcance”. Por definición, las “economías de alcance” existen cuando productos múltiples pueden ser producidos a mejor costo cuando se combinan que cuando se fabrican por separado.

Trabajadores flexibles, cuando tienen múltiples habilidades que les permiten cambiar de trabajo o rutinas fácilmente. Se requieren entrenamientos más amplios, más que un trabajador especializado que requiere un entrenamiento especializado.

## **CAPITULO VII**

### **Inventario**

#### **7.1 Inventario con demanda independiente**

La administración del inventario se puede considerar como una de las funciones administrativas de producción más importantes, en virtud de que requiere una buena parte de capital y de que afecta la entrega de los bienes a los consumidores. La administración del inventario tiene un fuerte impacto en todas las áreas del negocio, particularmente en la de producción, la de mercadotecnia y la de finanzas. Los inventarios proporcionan un buen servicio al cliente. Lo que es de vital interés para mercadotecnia. Las finanzas están enfocadas al manejo financiero global de la organización, incluyendo fondos asignados para el inventario. Y el área de operaciones requiere inventarios para asegurar una producción homogénea y eficiente.

Existen sin embargo, objetivos de inventario diferentes dentro de las empresas. La función financiera generalmente prefiere mantener los inventarios en nivel bajo para conservar el capital, la mercadotecnia se inclina por tener niveles altos de inventarios para reforzar las ventas, entre tanto, la parte operativa desea inventarios adecuados para una producción eficiente y niveles de empleo homogéneos. La administración del inventario debe equilibrar estos objetivos en conflicto y manejar los niveles de inventario con base en los intereses de la firma como un todo.

Una breve definición de inventario. Un inventario es una cantidad almacenada de materiales que se utilizan para facilitar la producción o para satisfacer las demandas del consumidor. Por lo general, los inventarios incluyen materia prima, trabajo o producto en proceso y productos terminados.

## 7.2 Propósito de los inventarios

El propósito primordial de los inventarios es desacoplar las diferentes fases del área de operaciones. El inventario de materias primas desconecta a un fabricante de sus vendedores; el inventario de producto en proceso desengrana las varias etapas de la manufactura una de otra y el inventario de producto terminado desacopla a un fabricante de sus clientes.

Dentro del proceso de desacoplamiento, existen cuatro razones para llevar el inventario:

1.- Protección contra incertidumbre. En sistemas de inventario, hay incertidumbres acerca de la oferta, la demanda y el tiempo de consumo. Se conservan existencias mínimas en inventario para protegerse contra estas incertidumbres. Si se conociera la demanda del consumidor, sería factible (aunque no necesariamente económico) producir al mismo ritmo de consumo. En este caso, no sería necesario un inventario de producto terminado; sin embargo, cada cambio en la demanda se transmitiría inmediatamente al sistema productivo con objeto de mantener el servicio al cliente. En lugar de tan severo acoplamiento, se conservan existencias seguras de producto terminado para absorber los cambios en la demanda sin cambiar en forma inmediata la producción. De manera similar, se conservan las existencias de materia prima para absorber las incertidumbres acerca del tiempo de entrega por parte de los proveedores y se mantienen existencias seguras de inventario en proceso para tener en cuenta un mantenimiento poco satisfactorio, trabajadores poco confiables o cambios repentinos en el programa. En general, los inventarios que se llevan para evitar la incertidumbre reciben el nombre de existencias seguras. No obstante, si se pueden reducir estas fuentes de variaciones, de la misma manera se pueden reducir los inventarios y las existencias de seguridad. Se llevan muchas existencias debido a las variaciones tan marcadas en los tiempos de entrega de los proveedores y de los procesos de producción.

2.- Para permitir producción y compra bajo condiciones económicas ventajosas. Con frecuencia es más económico producir materiales en lotes. En este caso,

un lote puede producirse en un periodo corto y, entonces, no se realiza ninguna producción adicional hasta que el lote está casi agotado. Esto hace posible prorratear el costo de uso de la maquinaria de producción en un número grande de artículos. También permite el uso del mismo equipo productivo para diferentes productos. Se presenta una situación similar en la compra de materia prima. Debido a los altos costos de compra, a los descuentos y a los costos de transportación, algunas veces es más económico comprar en grandes cantidades, aun cuando parte de ellas se conservan en inventario para uso posterior. El inventario resultante de las compras o de la producción de material en lotes recibe el nombre de inventario de ciclo, dado que los lotes se producen o compran en forma cíclica. Sin embargo, existe ya una tendencia en la industria de hoy en día para reducir drásticamente los tiempos y costos alternando el producto o el proceso. Esto resultará en tamaños de lotes más pequeños e inventarios mucho más bajos. En algunos casos el tiempo de consumo puede reducirse de tal forma que el tamaño económico del lote sea la unidad.

3. Para cubrir cambios anticipados en la demanda o la oferta. Hay varios tipos de situaciones donde los cambios en la demanda o la oferta pueden ser anticipados. Un caso es aquel donde el precio o disponibilidad de materia prima están expuestos al cambio. Con frecuencia las compañías almacenan acero ante una posible huelga en la industria del acero. Otra fuente de anticipación es una promoción planeada de mercado donde una gran cantidad de artículos terminados pueden almacenarse antes de la venta.

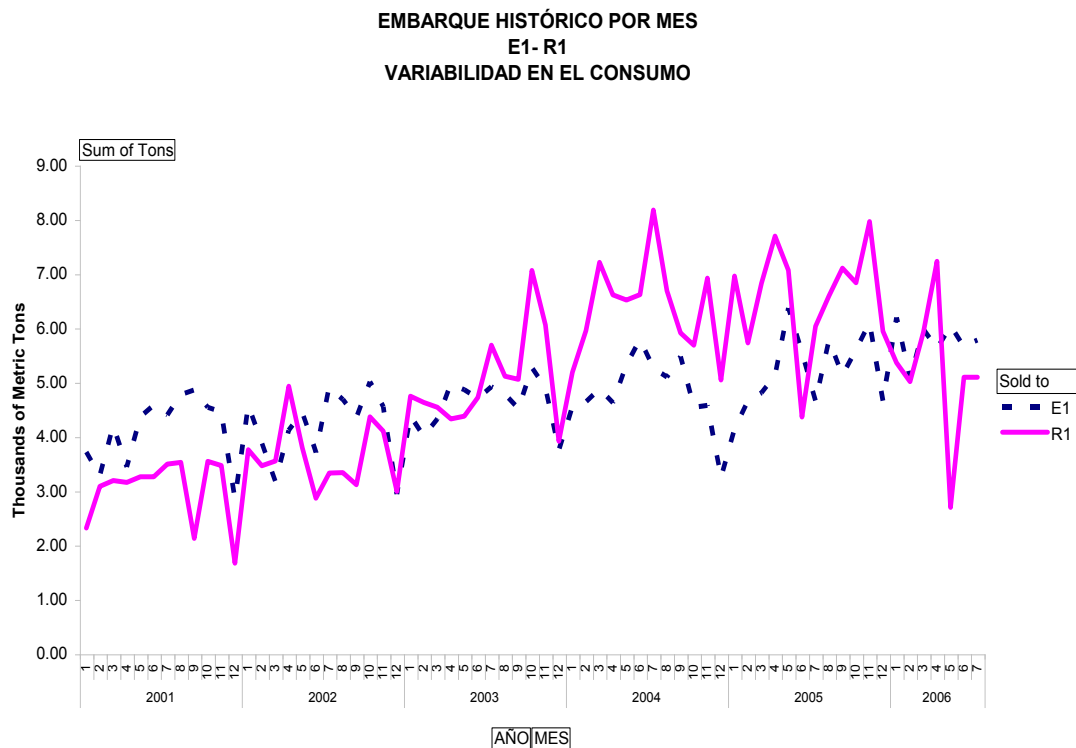
4. Para mantener el tránsito. Los inventarios en tránsito consisten de materiales que están en camino de un punto a otro. A estos inventarios los afectan las decisiones de la ubicación de la planta productiva y la selección de la forma de transporte. Hablando técnicamente, los inventarios que se mueven entre etapas de producción, incluso dentro de una planta, pueden también clasificarse



como inventarios en tránsito. Algunas veces al inventario en tránsito se le llama inventario de tubería, debido a que está en la “tubería de la distribución”.

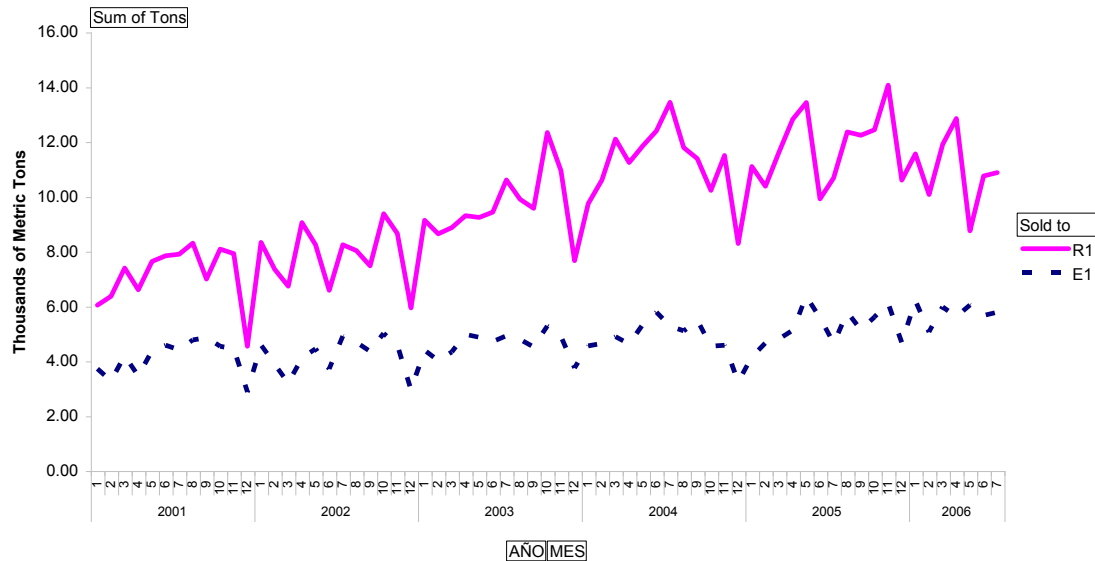
### 7.3 Consumos de Cliente del Caso

El cliente “E” cuenta con dos plantas: “E1” (Apodaca, N.L.) y “R1” (Reynosa, Tamps) y consume alrededor de 12,000 toneladas mensuales con una demanda altamente variable y con ligera tendencia estacional. **Ver graf. 1 y 2**



Gráfica 1. Consumo histórico de E1 y R1

**EMBARQUE HISTÓRICO POR MES  
E1- R1  
VARIABILIDAD EN EL CONSUMO  
CONSUMOS ACUMULADOS**



*Gráfica 2. Consumos históricos (gráfica acumulable)*

En las gráficas 1 y 2 se puede observar que el comportamiento del embarque a cliente ha sido creciente y estacional desde el año 2001. Para el caso de R1, fabricantes de compresores, han tenido un crecimiento más marcado debido a la alta demanda de este tipo de motor. Para el caso de E1, fabricante de motores para aplicaciones del hogar, el consumo ha permanecido más o menos constante con cierto grado también de estacionalidad.

En ambas plantas la demanda crece durante los meses cálidos al estar necesitando el mercado mayor cantidad de compresores para aires acondicionados y motores para movimiento de aire.

Adicionalmente, es estratégico para el grupo “E” cerrar plantas en los Estados Unidos y traerse la capacidad instalada a las plantas de aquí en México por cuestión de costos. De ahí que se estima todavía un crecimiento importante para el año fiscal 2006 que empieza en Octubre 2005 y termina en Septiembre 2006.

Analizaremos ahora la parte de las entregas a clientes, ver gráficas 3-6. En la Gráfica 3 muestra como la demanda de material de la planta E1 es mucho más constante y predecible que su contraparte de R1, forzando a mantener niveles de inventarios de 2 semanas.

Una de las fuentes de variación más fuertes quizás no lo vemos a nivel totales, sin embargo, analizando a detalle la información a nivel de partida, nos podemos dar cuenta de que algunas ocasiones algunas partidas se caen por completo teniendo que desviar material en proceso a otras partidas.

Algunas partidas son sustitutas de otras por lo que el consumo a nivel partida puede ser intercambiable.

Como ejemplo, analizamos la media y desviación estándar de las entregas a cliente a nivel planta y el resultado es una tremenda variación en la entrega a R1. Se tomó un período corto de análisis y sin influencia de compras externas para quitarle efectos de estacionalidades y ruidos ajenos al estudio. Ver tabla 2.

Planta	E1	R1
$\bar{X}$	241 tons diarias	389 tons diarias
$\sigma$	116 tons	306 tons

Tabla 2. Media y desviación estándar de entregas a cliente

### COMPORTAMIENTO DE ENTREGAS A CLIENTE TONELADAS MÉTRICAS

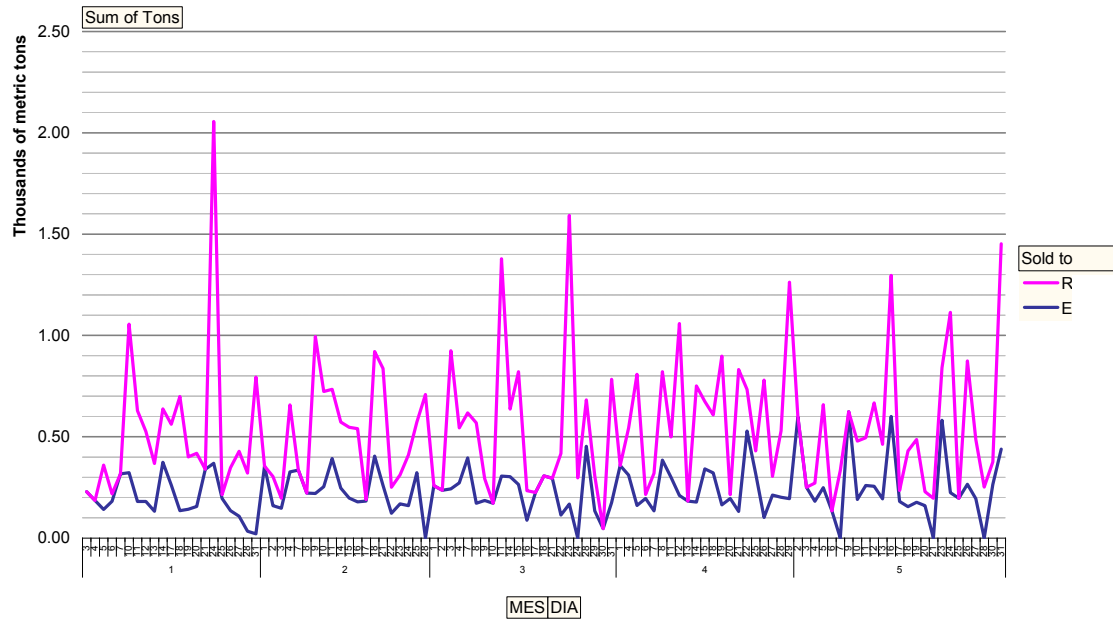


Gráfico 3. Demanda de E1 constante altamente predecible, R1 demanda variable. Enero-Mayo 2005

### ESTADISTICA DE ENTREGAS A CLIENTE

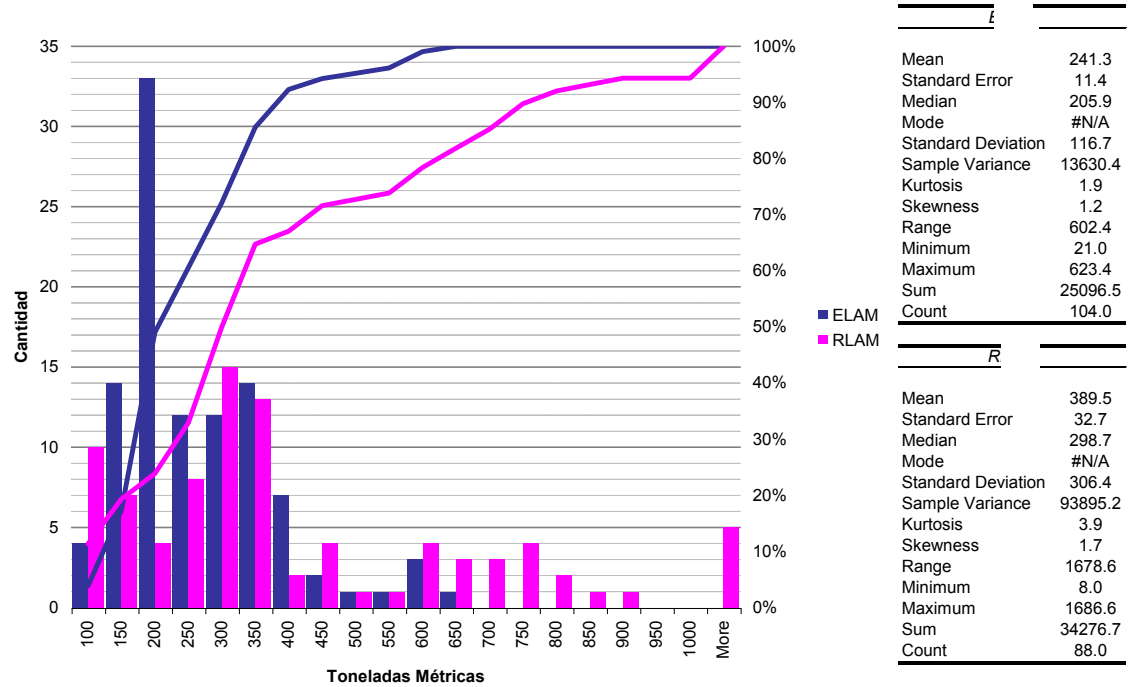
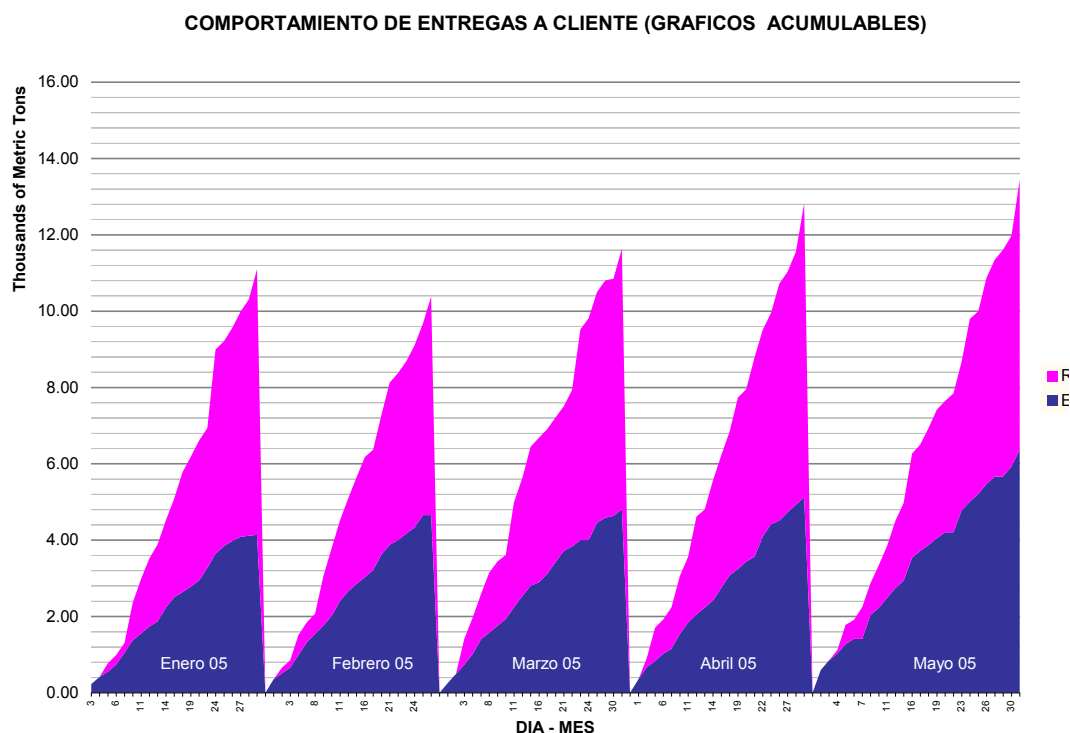


Gráfico 4. Frecuencias y tamaños de órdenes entregados a cliente diario. Enero-Mayo 2005

Aquí la gráfica 4, podemos observar que el 80% de las ocasiones en que E1 pide material, el tamaño de las ordenes es entre 250 y 300 toneladas. Para el caso de R1 el 80% está distribuido en tamaños de órdenes de hasta 700 toneladas por día. De aquí que la gráfica rosa está mas acostada que la azul.

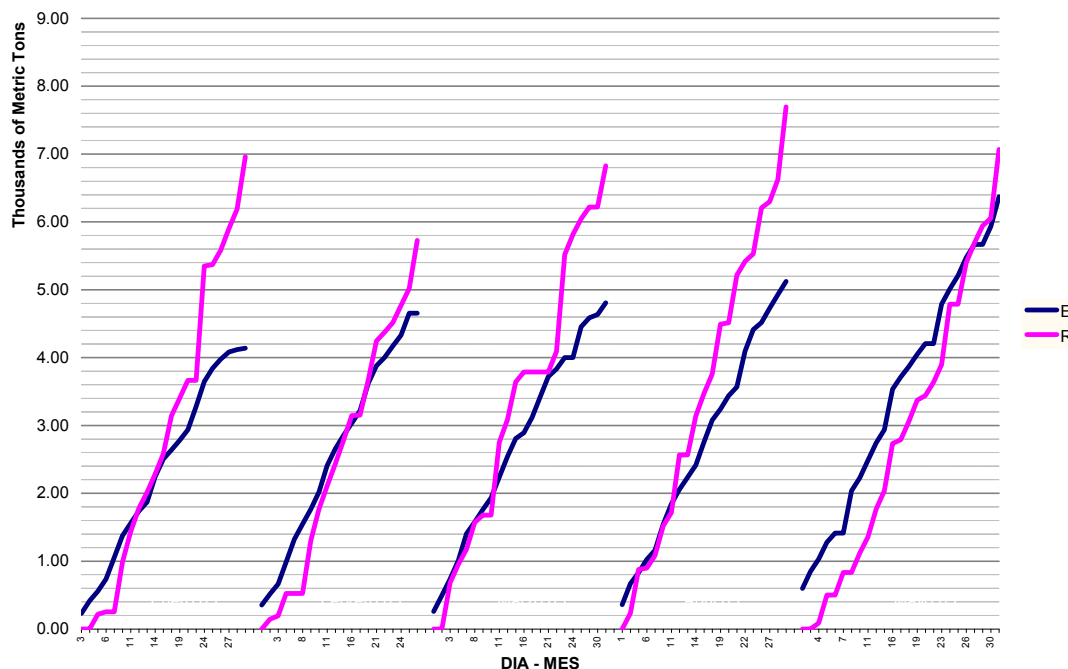


Gráfica 5. Demanda de Enero-Mayo 2005. Enero-Mayo 2005

En el gráfico 5 podemos ver que Marzo 2005 para R1 fue un mes con alta variación en sus consumos. Para el caso de E1, Mayo ha sido el mes más accidentado pero a la vez con mayor consumo. Previniendo la temporada pico que es Junio 2005 para la venta de motores para movimiento de aire.

El gráfico 6 nos muestra el comparativo de la variabilidad de el consumo en R1 versus la mayor consistencia en los consumos de E1.

## COMPORTAMIENTO DE ENTREGAS A CLIENTE (GRAFICOS ACUMULABLES)



Gráfica 6. Consumos acumulados de ambas plantas. Enero-Mayo 2005

Hasta ahora hemos visto variabilidades en los consumos de ambos clientes a nivel general. Sin embargo, cada cliente consume distintos números de ítems y si nos adentramos un poco más, vemos que la variabilidad es distinta para cada ítem.

Vamos a estudiar en este caso, los ítems que representan el 80% del consumo total de ambas plantas. La ventaja de usar este método es que en este caso el principio de Pareto sí se cumple, es decir, el 80% del consumo total se encuentra en el 20% de todos los ítems por lo que analizaremos únicamente los ítems que los nombraremos por su ancho sin importar que cliente los consuma: 45.875", 43.812", 43.281", 42.500", 40" y 5.120"

## 7.4 Entregas de la Planta

Otra de las variables que no hay que pasar por alto es la variabilidad con la que la planta entrega las órdenes. Para hacer el cálculo de la entrega de la

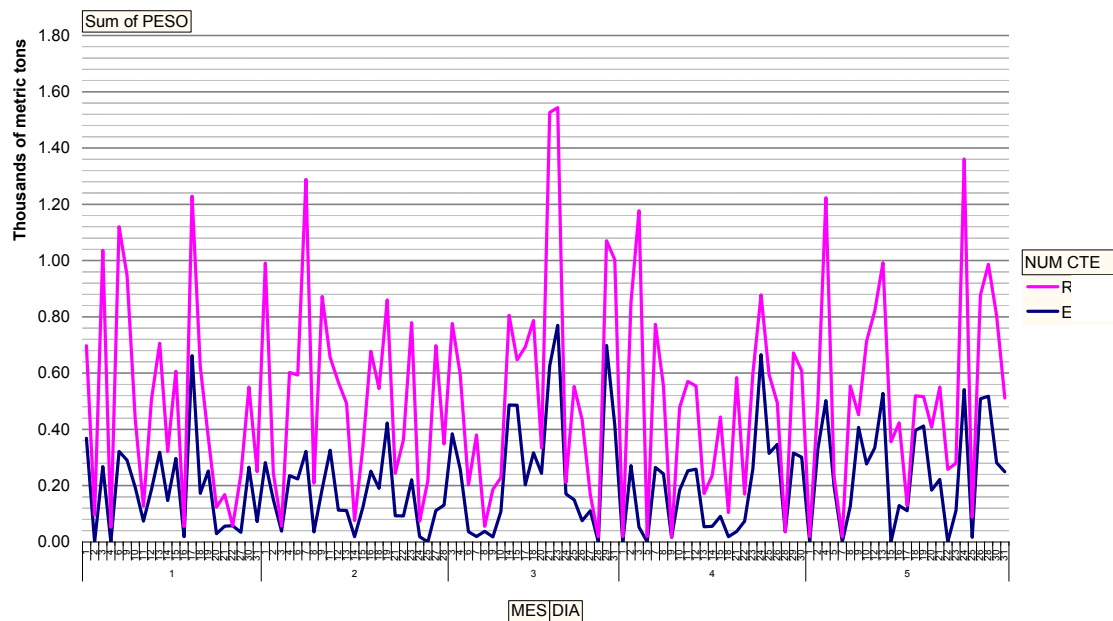
planta al almacén, se tomó como base los registros de producción de la última línea que tocó el material. Ver tabla 3.

Planta	E1	R1
$\bar{X}$	229 tons diarias	312 tons diarias
$\sigma$	172 tons	231 tons

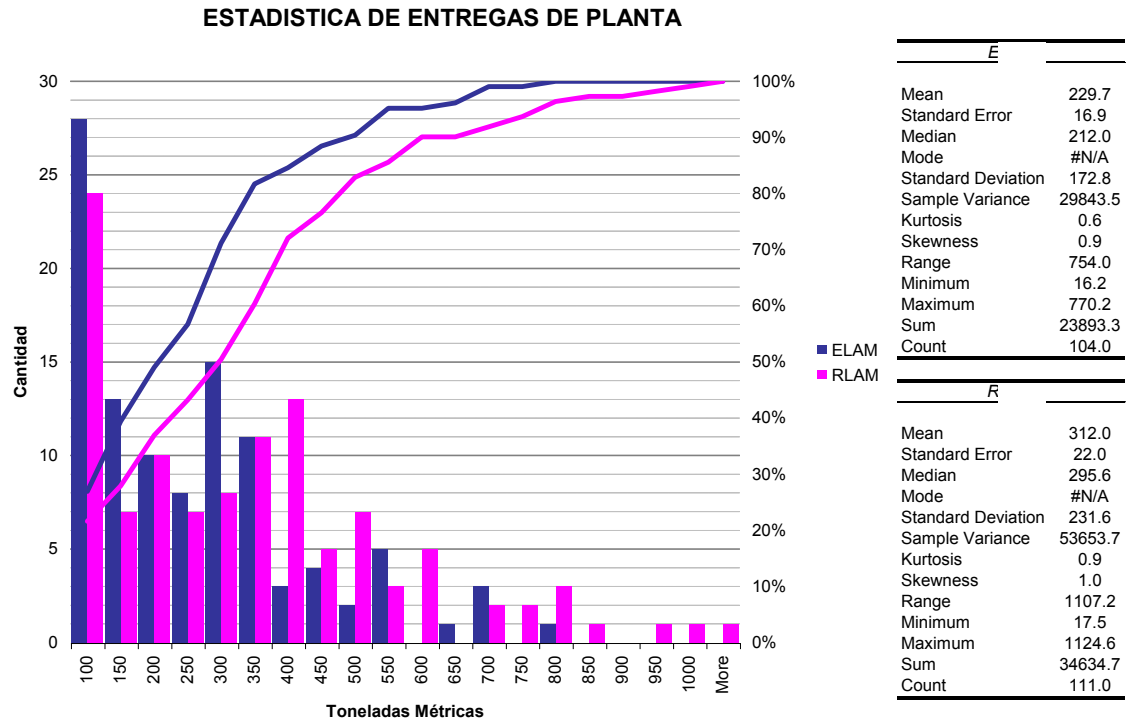
Tabla 3. Media y desviación estándar de entregas de planta

En las gráficas 7 y 8, se aprecia la variabilidad que tiene la planta para entregar material al almacén. La mezcla de producto es más complicada para el caso de R1, haciendo más variable la entrega de material de este cliente. Se comprueba con la mayor desviación estándar observable.

#### COMPORTAMIENTO DE ENTREGAS DE PLANTA TONELADAS MÉTRICAS



Gráfica 7. Entregas de Planta al Almacén. Enero-Mayo 2005



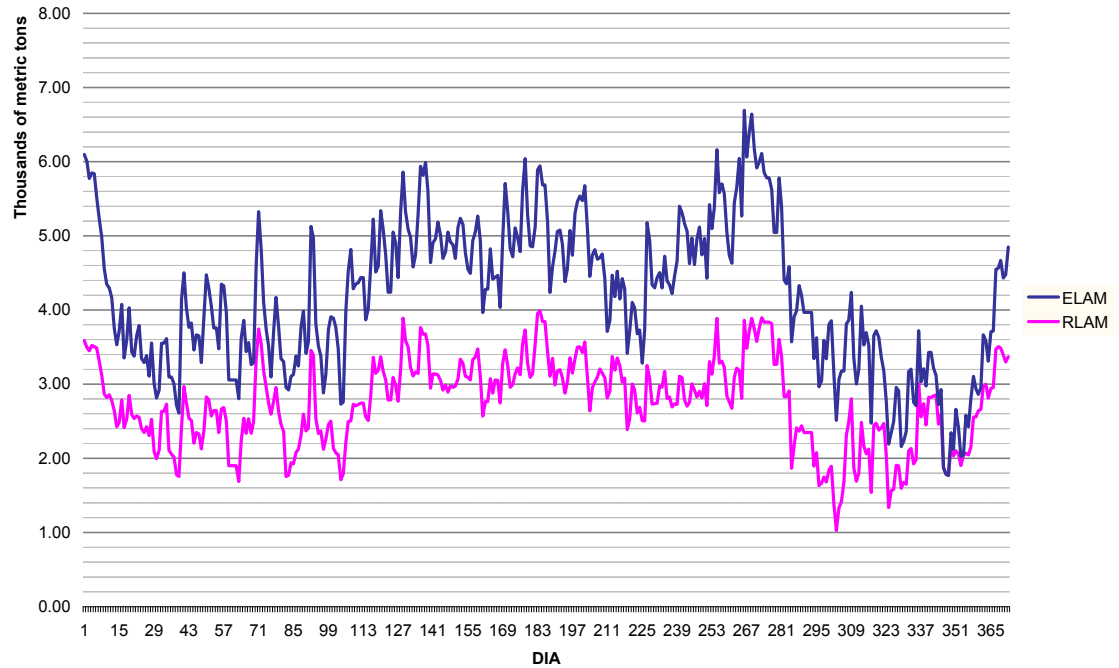
Gráfica 8. Estadística de Entregas de Planta al Almacén. Enero-Mayo 2005

## 7.5 Resultado de Entregas Planta y Consumos de cliente: inventario

Ya entrando en materia, el resultado final que observamos es el inventario de Producto Terminado. En el período de Enero-Mayo 2005 se observa un inventario promedio de 8,324 toneladas métricas.

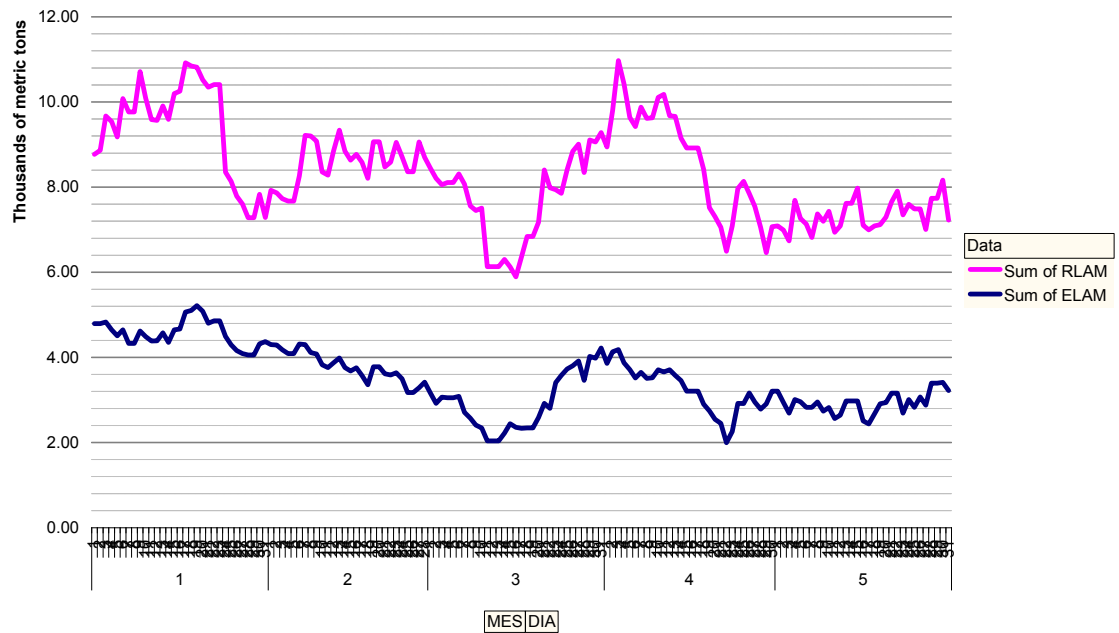


### INVENTARIO DIARIO DE AMBAS PLANTAS. AÑO 2004

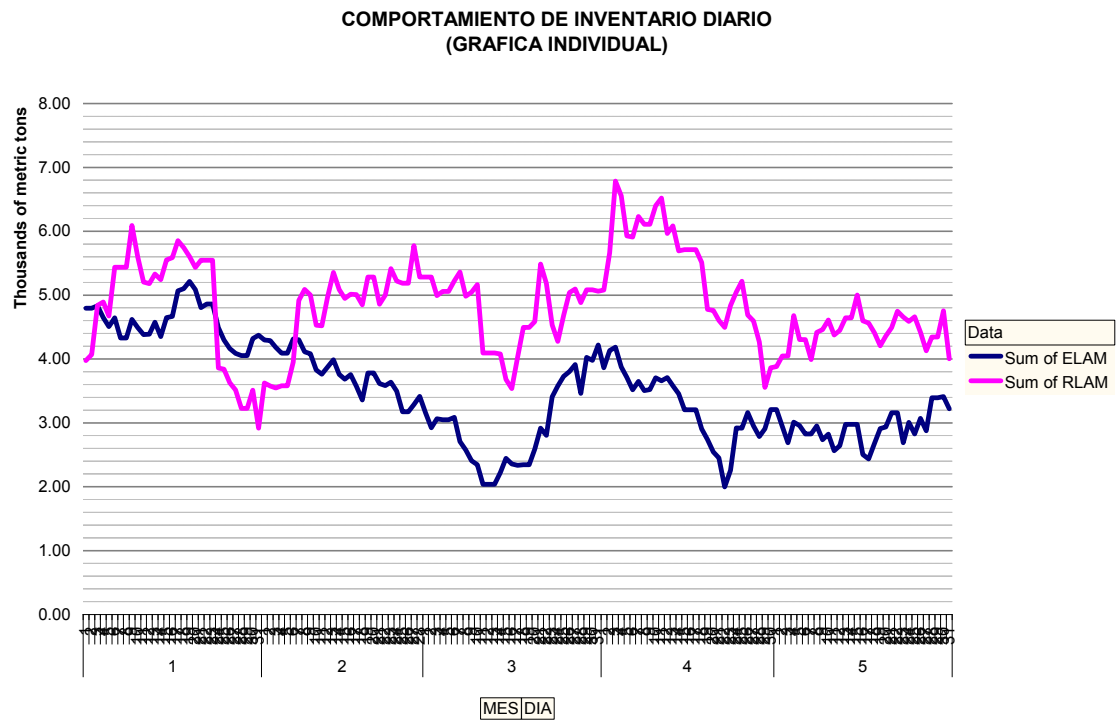


Gráfica 9. Comportamiento inventario diario ambas plantas AÑO 2004.

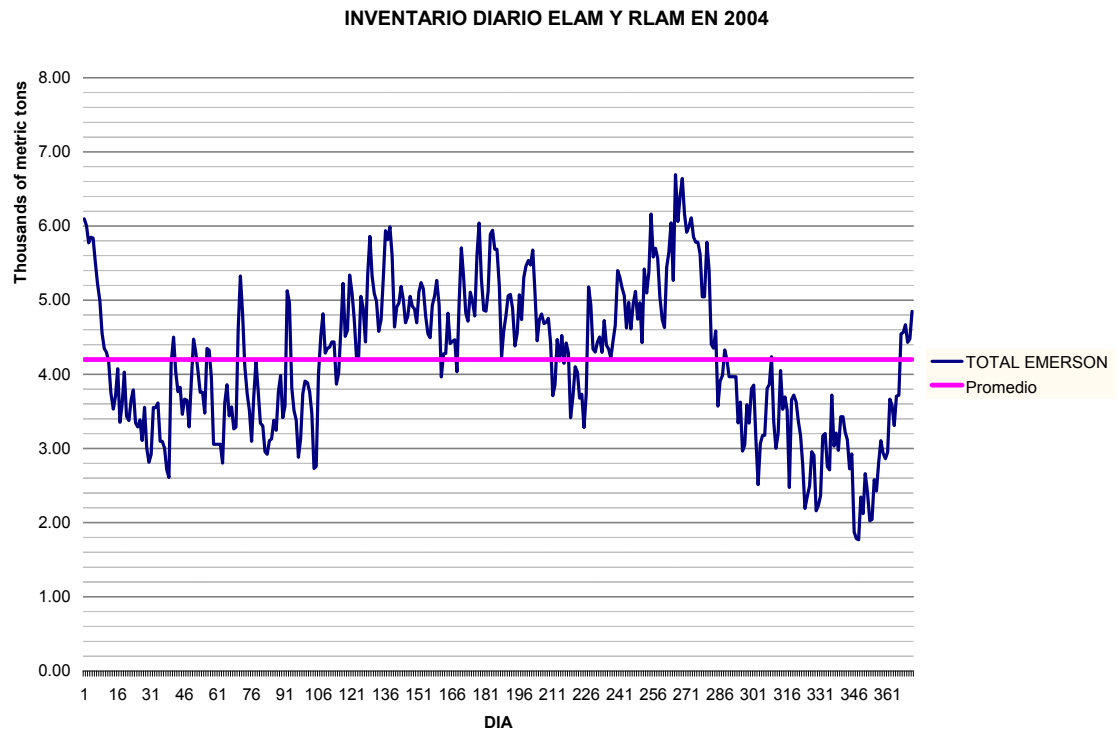
### COMPORTAMIENTO DE INVENTARIO DIARIO (GRAFICA ACUMULABLE)



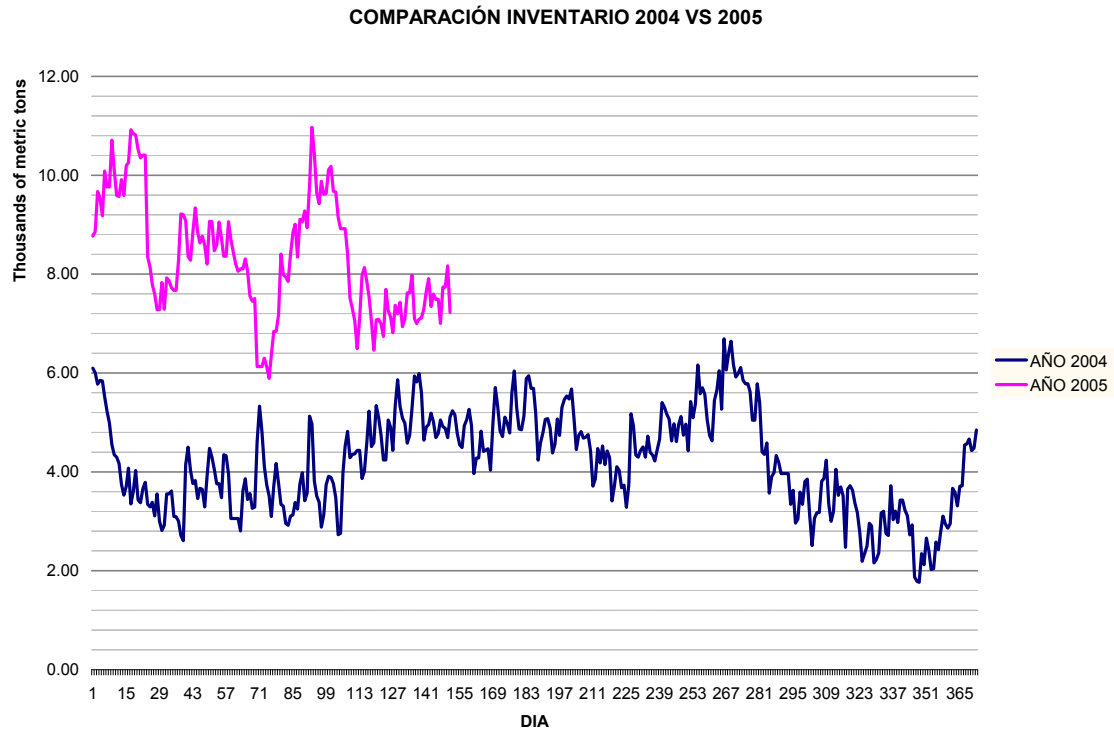
Gráfica 10. Comportamiento de inventario diario. Enero-Mayo 2005.



Gráfica 11. Comportamiento de inventario diario. Enero-Mayo 2005.



Gráfica 12. Comportamiento de inventario diario total de EMERSON. Año 2004



Gráfica 13. Comportamiento de inventario diario total de EMERSON. Año 2004

El promedio del inventario diario en el año 2004 fue de 4,199 toneladas.

## 7.6 Ejercicio Final de Simulación

En este ejercicio, básicamente lo que haremos es comparar las estadísticas de embarques de 1.5 años de historia, que supondremos que el embarque es igual al consumo del cliente. Analizamos la estadística del Inventario Diario, calcularemos un inventario de diseño que viene siendo 12 días del consumo medio. Ahora, después de haber visto las estadísticas de los inventarios totales por planta en el 2004 y 2005, veremos la historia del inventario desglosando por ítem.

El cliente consume cerca de 20 ítems, sin embargo, el pareto del consumo se encuentra en solo el 20% de todos los ítems.

Las bases de datos de las entregas de la planta hacia el almacén, se tomó como referencia, las bases de datos de producciones del Molino Temple 2, que es la última línea productiva por la que pasa el material. Para tal efecto, las BD son del 2005 y 2006.

De la estadística de las entregas al cliente, en el mismo período 2005-2006 obtenemos el inventario diario, del cual también analizamos su comportamiento diario en todo el 2005 y hasta Agosto 2006. En la tabla 4, se muestra las estadísticas descriptivas de cada uno de los ítems con su respectiva historia de consumo y la entrega de la planta hacia el almacén.

El inventario de diseño  $m$  es el resultado de multiplicar la media del consumo histórico por 12 días. También le agregamos la variabilidad o desviación estandar del mismo consumo histórico con tal de saber cuál sería el máximo consumo considerando que la distribución es normal y cuánto sería el inventario ideal para el % de casos en los que quisiéramos “tener” faltantes. Teóricamente si quisiéramos tener cerca al 97% de cumplimiento, deberíamos agregarle a la media de consumo  $2\sigma$  de la variabilidad del consumo para poder hacerle frente a situaciones imprevistas.

Con este inventario de diseño, vamos y lo comparamos con los registros históricos del inventario real que hemos tenido durante el período 2005-Ago 2006 simplemente para ver cuan alejados estamos del diseño óptimo. También obtenemos la estadística respectiva al inventario real para saber cuál es el mínimo inventario que hemos tenido y si este inventario mínimo (97%) es menor al consumo real diario, he aquí un faltante o “hueco” en entrega.

Los 5 puntos que calculamos para definir y cuantificar los impactos son:

- Inventario Promedio Optimizado para Cero Faltantes (97%).- No es más que el equivalente a la entrega de 1 día + la variación de 2 veces el inventario diario real.
- Diferencia contra Inventario Real Diario. Su nombre lo dice.
- Costo Financiero de Oportunidad Original. Costo financiero que ya se está pagando por el inventario real.
- Costo Financiero de Oportunidad para Inventario Optimizado. Costo financiero del inventario optimizado.
- Costo de Elevar el Inventario. Diferencia de costo financiero original menos el costo financiero del inventario optimizado.

ESTADÍSTICA DE EMBARQUES (metric tons)		ESTADÍSTICA DE INVENTARIO DIARIO (metric tons)		INVENTARIO DE DISEÑO* *Basado en Consumo Histórico (metric tons)			INVENTARIO REAL DIARIO** **Basado en Historia (metric tons)				
5.12		5.12		μ +1σ +2σ			μ +1σ +2σ -1σ -2σ				
Mean	46.17451846	Mean	454.4182082	578	950	1,322	455	190	666	249	43
Standard Error	1.659114037	Standard Error	0.322334041	Inventario Optimizado para Cero faltantes (97%)			μ	+1σ	+2σ	-1σ	-2σ
Median	36.179	Median	422.985	Diferencia contra inventario real			Δ	5	1		
Mode	17.982	Mode	246.3	Costo Financiero de Oportunidad Original			\$	19,093.06	1		
Standard Deviation	30.98677063	Standard Deviation	205.6712061	Costo Financiero de Oportunidad para Inventario Optimizado			\$	19,291.31	1		
Sample Variance	960.1804495	Sample Variance	42299.52076	Costo de Elevar el Inventario			Δ	\$	197.46	1	
Kurtosis	3.116254223	Kurtosis	0.399242695								
Skewness	1.575748026	Skewness	0.402179631								
Range	190.571	Range	1050.232								
Minimum	9.095	Minimum	0								
Maximum	199.666	Maximum	1050.232								
Sum	19028.928	Sum	277315.621								
Count	395	Count	610								
Confidence Level(95.0%)	3.055233071	Confidence Level(95.0%)	16.34922156								
40		40		μ +1σ +2σ			μ +1σ +2σ -1σ -2σ				
Mean	51.00879688	Mean	290.7122262	812	1,145	1,577	291	579	867	3	-396
Standard Error	2.773519109	Standard Error	11.66602739	Inventario Optimizado para Cero faltantes (97%)			μ	+1σ	+2σ	-1σ	-2σ
Median	34.3126	Median	215.695	Diferencia contra inventario real			Δ	337	1		
Mode	17.38	Mode	0	Costo Financiero de Oportunidad Original			\$	12,209.91	1		
Standard Deviation	44.27629976	Standard Deviation	288.1245292	Costo Financiero de Oportunidad para Inventario Optimizado			\$	26,344.86	1		
Sample Variance	1960.265222	Sample Variance	83015.97462	Costo de Elevar el Inventario			Δ	\$	14,134.95	1	
Kurtosis	2.636772002	Kurtosis	3.872131417								
Skewness	1.695435598	Skewness	1.850417711								
Range	224.865	Range	1601.457								
Minimum	7.975	Minimum	0								
Maximum	232.84	Maximum	1601.457								
Sum	13058.262	Sum	177134.499								
Count	256	Count	610								
Confidence Level(95.0%)	5.46191037	Confidence Level(95.0%)	22.91016167								
42.5		42.5		μ +1σ +2σ			μ +1σ +2σ -1σ -2σ				
Mean	104.6223671	Mean	1168.65051	1,255	2,451	3,707	1,168	1,828	2,485	509	-190
Standard Error	6.490091438	Standard Error	26.70473435	Inventario Optimizado para Cero faltantes (97%)			μ	+1σ	+2σ	-1σ	-2σ
Median	73.7925	Median	1082.6555	Diferencia contra inventario real			Δ	255	1		
Mode	18.15	Mode	925.595	Costo Financiero de Oportunidad Original			\$	49,095.07	1		
Standard Deviation	102.16952	Standard Deviation	699.5502644	Costo Financiero de Oportunidad para Inventario Optimizado			\$	99,797.04	1		
Sample Variance	10438.38385	Sample Variance	48917.13825	Costo de Elevar el Inventario			Δ	\$	10,711.97	1	
Kurtosis	9.254023451	Kurtosis	-0.899387057								
Skewness	2.696239629	Skewness	0.379714893								
Range	701.6	Range	2615.637								
Minimum	8.36	Minimum	125.508								
Maximum	709.96	Maximum	2742.145								
Sum	36198.339	Sum	712932.151								
Count	340	Count	610								
Confidence Level(95.0%)	10.00217638	Confidence Level(95.0%)	62.4445431								
43.281		43.281		μ +1σ +2σ			μ +1σ +2σ -1σ -2σ				
Mean	127.8304879	Mean	1124.649046	1,532	2,545	3,559	1,125	1,549	1,974	700	276
Standard Error	4.162640342	Standard Error	17.19546773	Inventario Optimizado para Cero faltantes (97%)			μ	+1σ	+2σ	-1σ	-2σ
Median	107.6875	Median	1070.998	Diferencia contra inventario real			Δ	-148	1		
Mode	37.205	Mode	1403.546	Costo Financiero de Oportunidad Original			\$	47,235.26	1		
Standard Deviation	84.49039809	Standard Deviation	424.4974727	Costo Financiero de Oportunidad para Inventario Optimizado			\$	41,014.25	1		
Sample Variance	7120.6174	Sample Variance	180157.5897	Costo de Elevar el Inventario			Δ	\$	6,221.00	1	
Kurtosis	2.457206775	Kurtosis	0.942956825								
Skewness	1.372087981	Skewness	0.830102782								
Range	547.1	Range	2420.436								
Minimum	10.39	Minimum	293.682								
Maximum	557.49	Maximum	2711.12								
Sum	52923.761	Sum	686235.918								
Count	412	Count	610								
Confidence Level(95.0%)	8.102524316	Confidence Level(95.0%)	33.74997074								
43.872		43.872		μ +1σ +2σ			μ +1σ +2σ -1σ -2σ				
Mean	86.66178971	Mean	1600.889167	1,040	1,763	2,526	1,001	2,014	2,427	1,188	774
Standard Error	3.628893014	Standard Error	15.7343079	Inventario Optimizado para Cero faltantes (97%)			μ	+1σ	+2σ	-1σ	-2σ
Median	74.61	Median	1659.286	Diferencia contra inventario real			Δ	688	1		
Mode	18.795	Mode	907	Costo Financiero de Oportunidad Original			\$	67,236.51	1		
Standard Deviation	61.93172361	Standard Deviation	413.9069164	Costo Financiero de Oportunidad para Inventario Optimizado			\$	38,357.56	1		
Sample Variance	3835.544588	Sample Variance	170822.6072	Costo de Elevar el Inventario			Δ	\$	28,879.93	1	
Kurtosis	9.613799449	Kurtosis	-0.669695244								
Skewness	2.164822546	Skewness	-0.021851438								
Range	519.075	Range	1674.789								
Minimum	11.235	Minimum	989.21								
Maximum	530.31	Maximum	2744.099								
Sum	26091.63	Sum	876630.192								
Count	308	Count	610								
Confidence Level(95.0%)	6.943872364	Confidence Level(95.0%)	32.9638529								
49.875		49.875		μ +1σ +2σ			μ +1σ +2σ -1σ -2σ				
Mean	117.500814	Mean	1766.145044	1,410	3,023	4,836	1,766	2,434	3,102	1,098	430
Standard Error	7.246374892	Standard Error	27.04057445	Inventario Optimizado para Cero faltantes (97%)			μ	+1σ	+2σ	-1σ	-2σ
Median	94.61	Median	1700.673	Diferencia contra inventario real			Δ	-313	1		
Mode	19.25	Mode	1791.8	Costo Financiero de Oportunidad Original			\$	74,176.09	1		
Standard Deviation	134.4003286	Standard Deviation	567.8953631	Costo Financiero de Oportunidad para Inventario Optimizado			\$	61,034.89	1		
Sample Variance	18083.42143	Sample Variance	446030.826	Costo de Elevar el Inventario			Δ	\$	13,143.20	1	
Kurtosis	110.4171525	Kurtosis	0.553373454								
Skewness	6.473872002	Skewness	0.634006912								
Range	1976.21	Range	3845.328								
Minimum	12.031	Minimum	691.185								
Maximum	1989	Maximum	4340.513								
Sum	46420.28	Sum	1077348.477								
Count	344	Count	610								
Confidence Level(95.0%)	14.26292489	Confidence Level(95.0%)	63.10426475								
Total		Total		μ +1σ +2σ			μ +1σ +2σ -1σ -2σ				
Mean	308.1679823	Mean	6405.655143	5,895	7,343	10,988	6,406	7,499	8,592	5,313	4,219
Standard Error	12.28411106	Standard Error	44.26160699	Inventario Optimizado para Cero faltantes (97%)			μ	+1σ	+2σ	-1σ	-2σ
Median	267.0395	Median	6271.6016	Diferencia contra inventario real			Δ				
Mode	0	Mode	7322.96	Costo Financiero de Oportunidad Original			\$				
Standard Deviation	303.7483463	Standard Deviation	1093.181049	Costo Financiero de Oportunidad para Inventario Optimizado			\$				
Sample Variance	92263.0679	Sample Variance	1195044.806	Costo de Elevar el Inventario			Δ	\$			
Kurtosis	8.487388331	Kurtosis	-0.018804985								
Skewness	2.055445627	Skewness	0.218804192								
Range	2679.117	Range	6436.445								
Minimum	0	Minimum	3498.67								
Maximum	2679.117	Maximum	9925.315								
Sum	107982.398	Sum	3937458.717								
Count	610	Count	610								

Si sumamos los costos de aquellos ítems que salieron por debajo del nivel de 1 día de abasto, quedan:

**\$ 25,044.37 usd / Anuales**

Si consideramos que al menos paramos 1 día, por cada ítem (2), entonces el costo es:

Ítem	μ	\$200 usd x μ demanda diaria x 5 días
40	51	= \$200 usd x 51 x 5 días = \$ 51,000.00 usd
42.5	105	\$200 usd x μ demanda diaria x 5 días = \$ 105,000.00 usd
		<b>\$ 156,000.00 usd</b>

Tabla 4. Análisis Comparativo de los Costos

## CAPITULO XIII

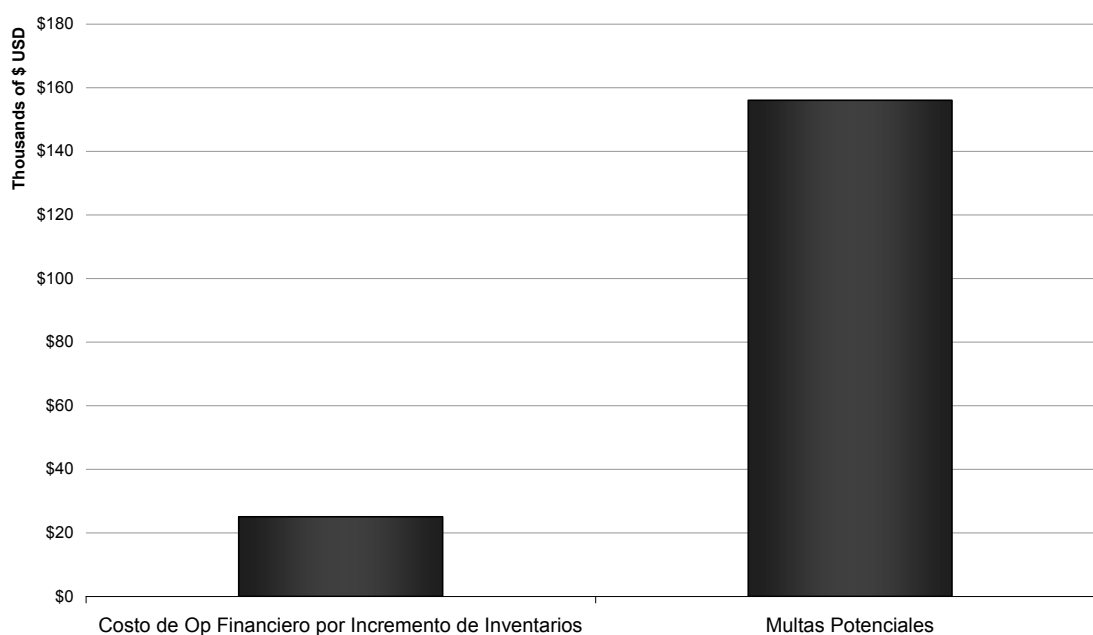
### 8.1 Conclusiones

En 3 ítems de los 6 en los que concentramos el estudio, el resultado da que tenemos en la realidad mucha exposición a riesgos de paros por faltantes de material. También al comparar el costo extra por el incremento en el inventario medio de estas medidas, se demuestra que es financieramente más viable aumentar el inventario a niveles seguros, que el pago correspondiente a la multa calculada por el faltante de al menos 1 día de paro por tres ítems al año a su respectiva tasa.

El costo “financiero de oportunidad” de incrementar el inventario en estas medidas es de \$25,044.37 usd / anuales mientras que el pago de al menos 1 multa por cada ítem en un año \$156,000.00 usd.

Este último valor se asemeja a los \$110,000.00 usd que se pagaron en Junio 2004 realmente por lo que las conclusiones verdaderamente tienen sustento estadístico.

**Comparativo de Costo Financiero de Incremento de Inventarios Vs Multas Potenciales**



## Referencias Bibliográficas:

*Operations Management for Competitive Advantage*

**Chase / Jacobs / Aquilano**

*Fundamentals of FORECASTING*

**Sullivan / Claycombe**

*Administración de Operaciones*

**Roger G. Schroeder**

*Administración, una perspectiva global*

**Harold Koontz / Heinz Weihrich**

## Glosario de términos

**Bullwhip.** Efecto de amplificación secuenciada de pronósticos en demanda en una cadena productiva. En español algunas personas le llaman efecto “látigo”

**Stock Outs.** Imposibilidad de suministrar un material al cliente por mala planeación o mala ejecución de actividades.

**Costo de Oportunidad.** El costo de oportunidad corresponde al beneficio potencial asociado a una alternativa de acción beneficiosa que deberá ser descartada en favor de una línea de acción principal elegida, cuya ventaja se presume es la mejor.

**Desperdicio:** clasificado en:

- Desperdicio por sobreproducción

- Desperdicio por tiempos de espera

- Desperdicios por inventarios excesivos

- Desperdicios del proceso

- Desperdicios por movimientos excesivos

- Desperdicios por defectos del producto.

**Inventario.** Es la disponibilidad de cualquier producto o recurso usado en una organización. Lo podemos dividir en: Inventario de Servicio (o Producto Terminado) e Inventario en Proceso

**Inventario de servicio.** Es el producto disponible en planta listo para embarcarse y ser utilizado.

**Inventario en Proceso.** Es el producto que viene entre líneas.

**Sistema de Inventario.** El conjunto de políticas y controles para monitorear los niveles de inventario y determinar cuales niveles son los adecuados, cuando el inventario deberá ser reemplazado, y que tan grandes deberán ser las órdenes.

**Inventario de manufactura.** Se refiere a los productos que contribuyen o son parte de la salida de los procesos. Se puede clasificar en: MP (Materia Prima), PT (Producto Terminado), Componentes de Partes, Materiales Indirectos, Productos en Proceso.



***Inventario Optimizado para Cero Faltantes.*** Inventario calculado tomando como base que al menos se encuentre siempre en stock 1 día de consumo del cliente.

***JIT (Just in Time).*** Significa producir lo que se necesita cuando se necesita y no más. Algo por encima de la mínima cantidad necesaria es desperdicio debido al esfuerzo y/o materiales que no se necesitan hoy y que no pueden ser utilizados en este momento. El JIT se utiliza principalmente en procesos de manufactura repetitivos, donde el mismo producto o similares se fabrican uno detrás de otro. El lote ideal es la unidad.